GORTANIA
Geologia
Paleontologia
Paletnologia
40
UDINE
2018

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia 40 (2018) 5-32 Udine, 10.XII.2019 ISSN: 2038-0410

Hans P. Schönlaub

THE CARNIC ALPS. UNLIMITED

LE ALPI CARNICHE. UNLIMITED

Riassunto breve - Più di 500 titoli, fra volumi, articoli e guide scientifiche, riflettono il grande interesse della ricerca geoscientifica nelle Alpi Carniche dalle ultime statistiche dell'anno 1969. 50 anni di ricerca hanno prodotto risultati in diverse discipline scientifiche che vanno dalla mappatura geologica alla biostratigrafia, paleontologia, sedimentologia, geochimica, geologia strutturale e applicata alle attività di sensibilizzazione come l'iniziativa del Geopark e la realizzazione di opuscoli e guide divulgative.
Sebbene questo livello di conoscenza sia impressionante e senza eguali in altre regioni, non c'è fine in vista e sono prevedibili nuove linee di ricerca mentre altre verranno ridefinite. In tale prospettiva, vengono brevemente delineati i temi di ricerca futuri. Questo rapporto si concentra sulla parte austriaca delle Alpi Carniche, sebbene diverse mappe e relazioni scientifiche siano state ricavate da ricerche geoscientifiche transfrontaliere.
Parole chiave: Alpi Carniche, Storia delle ricerche, Bibliografia.

Abstract - *More than 500 scientific papers and guidebooks reflect the great interest of geoscientific research in the Carnic Alps since the last statistics in the year 1969. 50 years of research has resulted in outputs in different scientific disciplines ranging from geological mapping to biostratigraphy, paleontology, sedimentology, geochemistry, structural and applied geology to outreach activities such as the Geopark initiative and popular brochures, booklets and guidebooks.*
Although this level of knowledge is impressive and unmatched in other regions, there is no end in sight and new directions are foreseeable while others will be redefined. In a perspective at the end, future research topics are briefly outlined. This report focuses on the Austrian part of the Carnic Alps although several maps and scientific reports were derived from geoscientific cross-border research.
Key words: *Carnic Alps, History of researches, Bibliography.*

Introduction

Both countries, Austria and Italy, have a long tradition in geoscientific research. Even cross-border cooperation has existed over a long period. As a result of these long-lasting interest, the first joint report was released during a symposium at the University of Graz organized by Professor Helmut W. Flügel between March 25-27,1969. This meeting was attended by scientists from Austria, Italy, Germany and the former Republic of Yugoslavia (Flügel 1969).

The main focus was laid on post-World War II geological and paleontological research beginning in 1952 and ending in the year 1968 on both sides. In this context, Helmut W. Flügel presented a summary on the Austrian part of the Carnic Alps while Gian Battista Vai (University of Bologna) referred the geological research carried out in Italy. In addition, Heinrich Karl Erben, Winfried Haas and Heinz Ristedt (University of Bonn) reviewed the trilobite-and orthoceratid-related part of the German research group and Erik Flügel (Technical University of Darmstadt) the stratigraphic and facies studies of the Permian sediments. Franz Kahler (Klagenfurt) added some remarks on the Late Paleozoic sequence. The final contribution made Anton Ramovš (University of Ljubljana) who concentrated on the Paleozoic of the Karavanke Mountains in the Yugoslavian territory. During this meeting 13 lectures were presented by the attending scientists.

With reference to the Austrian part of the Carnic Alps, H. W. Flügel reviewed the state-of-the-art research on stratigraphy and sedimentology of the Ordovician to Permian sequence, studies on Silurian graptolites, orthoceratids and chitinozoans, Devonian rugose and tabulate corals, hydrozoa (stromatoporoids) and conodonts, brachiopods and bryozoan from the Upper Carboniferous, and, finally, rugose corals and algae from the Permian Period.

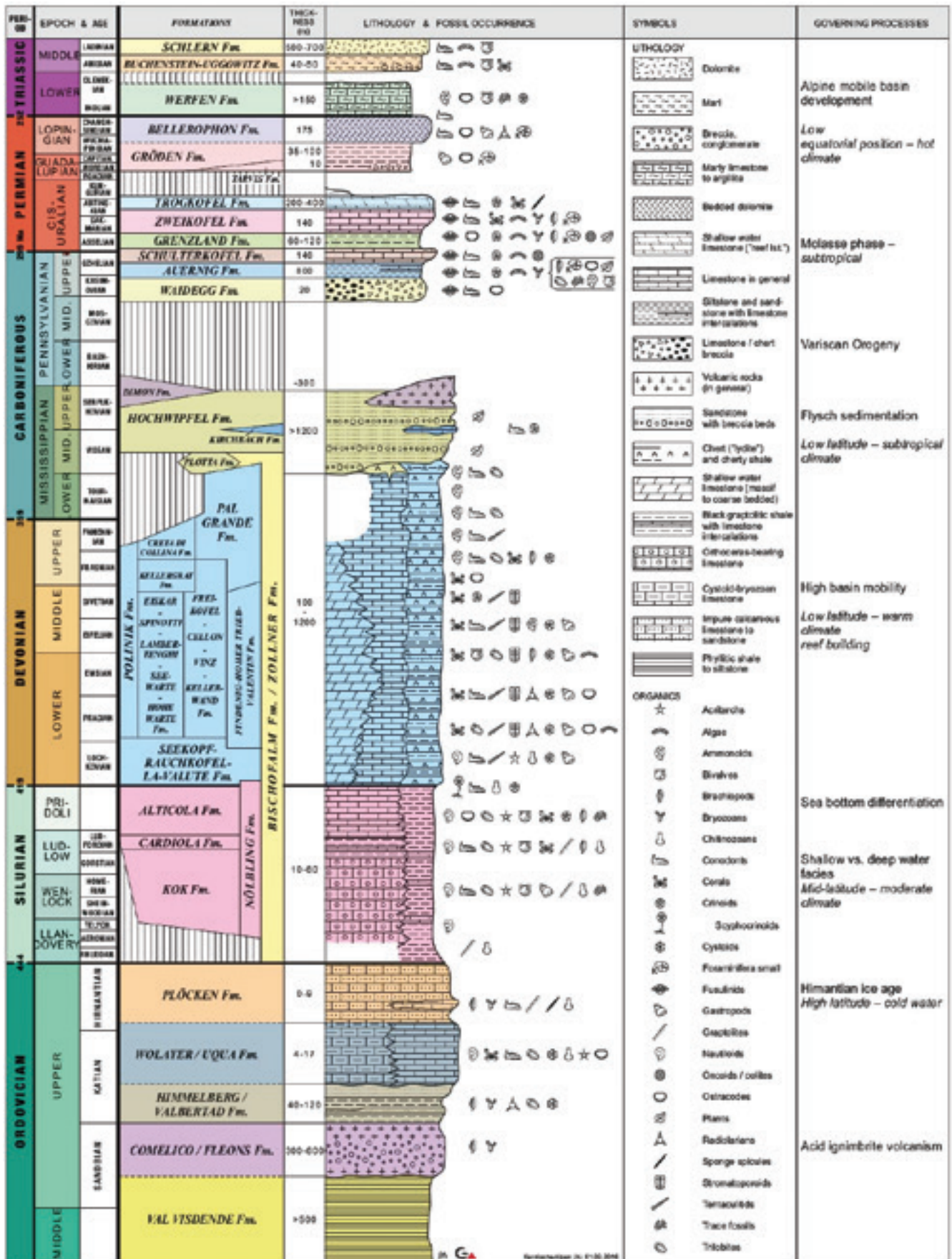



Fig. 1 - Stratigraphic subdivision of the Carnic Alps including governing processes. © Hans Peter Schönlaub.
- *Schema stratigrafico delle Alpi Carniche con indicati i principali processi che ne hanno governato l'evoluzione. © Hans Peter Schönlaub.*

In addition, an important chapter dealt with progress in mapping in various parts of the Austrian Carnic Alps as well as detailed descriptions of sections and petrological studies of dykes in the Gail Valley and in the Hochwipfel Formation.

Since that time 50 years have gone and an extensive literature has accumulated which will be briefly summarized in the following chapters. We start with the progress in mapping which according to our understanding serves as the base for all additional studies in paleontology and sedimentology. These latter topics will be equally treated and presented referring in key words to the main results.

Geological Mapping

In short, the E-W directed and almost 150 km long Carnic Alps are fully covered by modern geological maps at various scales which were published between 1985 and 2007.

Sheet 195, Sillian: H.P. Schönlaub 2000, with co-workers H. Heinisch and D. van Husen.

Sheet 196, Obertilliach: H.P. Schönlaub 1997, with 30 co-workers; including a detailed map at scale 1:10.000 of the surroundings of Hochweißsteinhaus by M. Hinderer.

Sheet 197, Kötschach: H.P. Schönlaub 1985, with 12 co-workers; including 3 detailed geological maps at scale 1:10. 000 covering the surroundings of Lake Wolayer, the Plöckenpaß-Kellerwand region and the surroundings of Lake Zollner).

Sheet 198, Weissbriach: H.P. Schönlaub 1987, with 22 co-workers; including a detailed geological map at scale 1:10. 000 of the Naßfeld-Gartnerkofel region.

Sheet 199, Hermagor: H.P. Schönlaub 1989, with 9 co-workers.

Carta Geologica delle Alpi Carniche Centro-Orientali, 1:20.000. Museo Friulano di Storia Naturale, Udine. C. Venturini 1990.

Geological Map of the post-Variscan strata of the Carnic Alps: H.P. Schönlaub & H. C. Forke 2007 at scales 1:12.500 with explanatory notes in two sheets (eastern and western part).

In addition to these 'official geological maps' several maps accompanying geological thesis and master studies were accomplished during the last decades and add considerably to the knowledge of the Austrian part of the Carnic Alps. They were integrated into the official maps to a varying degree.

Fig. 2 - Aerial view from Mt Kleiner Pal towards northwest, in the foreground Cellon avalanche gully, in the background Gamskofel massif and Mt Rauchkofel (centre). Courtesy of R. Homberger, Arosa.

- *Vista aerea dal Pal Piccolo verso nordovest. In primo piano il canale di valanga con al sezione del Cellon (Creta di Collinetta), sullo sfondo il massiccio del Gamskofel e il Rauchkofel (al centro). Per gentile concessione di R. Homberger, Arosa.*

Sheet 195 (Sillian): Hubich 1993; Kalde 1987; Kolb 1986; Nienhaus 1987; Reible 1986; Reif 1987; Röpertz 1987; Stroink 1987; Treskatis 1986; Wagner 1986.
Sheet 196 (Obertilliach): Büscher 1983; Van Delden 1989; Düppenbecker 1984; Hinderer 1989, 1992; Himml 1989; Kayer 1985; Kreutzer 1987; Krings 1986; Larue 1985; Pfeiffer 1984; Reif 1992; Schulze 1986; Wallbraun 1984; Weyers 1988; Zobel 1985.
Sheet 197 (Kötschach): Breuninger & Schuh 1980-1982.
Sheet 198 (Weissbriach): Buttersack 1982; Bär 1981; Boeckelmann 1983.
Sheet 199 (Hermagor): Liebermann 1982; Skala 1969; Auferbauer 1971.

Applied Biostratigraphy and Sedimentology

Argnani & Cavazza 1984; Auferbauer 1972; Bandel 1969, 1972, 1974; Bandel et al. 2015; Boeckelmann 1985; Brett et al. 2007, 2009; Buggisch 1974, 1978; Buggisch & Flügel E. 1980; Buggisch et al. 1976, 1994; Buttersack & Boeckelmann 1984; Corradini & Suttner 2017; Corradini et al. 2015c, 2015d, 2015e; Deroo et al. 1967; Dullo 1992; Dullo & Schönlaub 2012; Ebner 1973a; Edward & Riding 1989; Felser 1974; Fenninger 1970, 1971, 2000; Fenninger et al. 1971, 1976, Fenninger & Stattegger 1977; Ferretti 2005; Ferretti & Histon 1997; Ferretti & Schönlaub 2000; Ferretti et al. 1999, 2004, 2012a, 2012b, 2013, 2015a, 2015b, 2015c; Flügel E. 1968, 1969, 1971, 1974, 1977, 1980, 1987; Flügel E. & Agiorgitis 1970, Flügel E. et al. 1971, 1978, 1994, 1997; Flügel E. & Kahler 1974; Flügel E. & Kraus 1988; Flügel E. & Schönlaub 1990; Flügel H.W. 1969; Flügel H.W. et al. 1977; Fohrer & Samankassou 2005; Forke 2009; Forke & Samankassou 2000; Forke et al. 2006, 2008; Göddertz 1982; Heinisch 1981; Hermann 2017; Herzog 1988; Hinderer 1992; Histon et al. 2007; Homann 1968, 1969, 1970; Hüneke 2001, 2006; Jeppsson et al. 2012; Kahler 1971, 1972, 1980a, 1980b, 1992; Kalde 1987; Kido, ed at. 2012, 2015; Krainer 1990, 1991, 1992, 1995a, 1995b, 2012; Krainer & Lutz 1995; Krainer et al. 2003, 2009, Krainer & Schaffhauser 2012; Kraft, 1997; Kreutzer 1990, 1992a, 1992b; Køíž et al. 2003; Läufer et al. 1997, 2001; Leditzky 1973, Loeschke & Heinisch 1993; Manara

Fig. 3 - The Kellerwand cliff (Ordovician to Devonian). Indicated are climbing routes by R. Ranner & friends. Courtesy of R. Ranner.
- *La parete Nord della Creta della Chianevate con rocce datate dall' Ordoviciano al Devoniano. Sono indicate le vie alpinistiche utilizzate da R. Ranner e altri alpinisti. Per gentile concessione di R. Ranner.*

& Vai 1970; Massari et al. 1991; Massari & Venturini 1990; Novak et al. 2019; Pas et al. 2014; Pasini & Vai 1997; Pohler 1982; Pohler et al. 2007, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e; Pölsler 1969a; Pondrelli et al. 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e; Samankassou 1997a, 1997b, 1999, 2002, 2003; Sanders & Krainer 2005; Schaffhauser et al. 2010, 2015; Schnabel 1976; Schönlaub 1968, 1969a, 1970, 1971b, 1971c, 1977, 1979, 1981, 1983, 1985b, c, 1987, 1988b, 1989, 1990, 1992, 1993, 1997a, 1997b, 1997c, 1997d, 1998, 2000a, b, 2010, 2014, 2015a, 2015b, 2017b, 2018; Schönlaub & Ferretti 2015a, 2015b, 2015c; Schönlaub & Flajs 1975; Schönlaub & Forke 2005, 2007, 2009; Schönlaub & Heinisch 2015; Schönlaub & Histon 2000; Schönlaub & Lammerhuber 2009; Schönlaub, & Simonetto 2015; Schönlaub & Venturini 2015; Schönlaub et al. 1991, 1992, 2015a, 2015b; 2017a, 2017b; Skala 1969; Spalletta & Venturini 1988; Spalletta et al. 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e, 2015f; Spötl et al. 2017; Suttner & Kido 2011, 2015; Suttner et al. 2015; Tietz 1974, 1976; Vai 1990, 1980, 1998; Vai & Venturini 1997; Venturini 1983, 1989, 1990a, 1990b, 1990c, 1991, 2006; Venturini & Spalletta 1998; Venturini et al. 1982, 1990, 1991; Verniers et al. 2008; Wopfner 1984.

Stratigraphic boundaries

Diverse events: Schönlaub 1986.

Paleozoic boundaries (O/S, S/D, F/F, D/C, P/T): *Late Ordovician*: Hammarlund et al. 2012; Schönlaub 1988b; Schönlaub & Sheehan 2003; Schönlaub et al. 1994, 2011; *Silurian/Devonian boundary*: Corradini et al. 2019; *Devonian/Carboniferous boundary*: Dreesen 1992; Kaiser 2005, 2007; Kaiser et al. 2009, 2015, 2019; Kumpan et al. 2014, 2018; Schönlaub 1993; Schönlaub et al. 1988, 1992; *Carboniferous/Permian boundary*: Forke 1995b; Forke et al. 1998; Kahler 1983b; Krainer & Davydov 1998; Kahler & Krainer 1993; *Permian/Triassic boundary*: Attrepp et al. 1991; Boeckelmann 1991; Boeckelmann & Magaritz 1991; Fenninger 1991; Holser 1991; Holser & Schönlaub (eds) 1991; Holser et al. 1989, 1991; Jenny-Deshusses 1991; Klein 1991; Kralik 1991; Magaritz & Holser 1991; Noe 1987; Obenholzner 1991; Pak & Holser 1991; Schmöller 1991; Schönlaub 1991; Schramm 1991; Stattegger 1991; Zeissl & Mauritsch 1991.

Macro- and Micropaleontology

Alberti 1985 (dacryoconarids); Amerom van & Fritz 2001(plants); Amerom van & Schönlaub 1992 (plants); Amerom van et al. 1984 (plants); Bandel & Becker 1975 (ostracods); Baucon & Neto de Carvalho 2008 (trace fossils); Baucon et al. 2017 (trace fossils); Boersma & Fritz 1984, 1986 (plants); Bogolepova & Schönlaub 1998 (nautiloids); Brime et al. 2003 (conodonts); Corradini 2008 (conodonts); Corradini & Corriga 2012, 2018 (conodonts); Corradini et al. 2011, 2015, 2016, 2017a, 2017b, 2017c, 2019 (conodonts); Corriga & Corradini 2019 (conodonts); Corriga et al. 2016 (conodonts); Davydov & Krainer 1999; Davydov et al. 2013 (fusulinids); Dreesen 1992 (conodonts); Ebner 1973b, 1973c (conodonts, foraminifera); Feist 1992 (trilobites); Ferrari & Vai (brachiopods); Ferretti & Schönlaub

Fig. 4 - The Grüne Schneid section. Dotted line represents the Devonian/Carboniferous boundary drawn by Hans P. Schönlaub (1992). On the right Professor Willi Ziegler points at the Devonoian/Carboniferous boundary (base of no. 6D). Photo H.P. Schönlaub.
- *La sezione della Cresta Verde. La linea tratteggiata rappresenta il limite Devoniano/Carbonifero disegnato da Hans P. Schönlaub (1992). A destra, Il professor Willi Ziegler indica il limite Devoniano/Carbonifero (posto alla base del livello 6D). Foto H.P. Schönlaub.*

2000, 2001 (conodonts); FERRETTI et al. 2013, 2016 (problematica, echinoderms); FERRETTI & SERPAGLI 2008 (problematica); FLÜGEL 1981 (algae); FLÜGEL & FLÜGEL-KAHLER 1980, 1998 (algae); FLÜGEL & KRAINER 1992 (corals); FOHRER 1991, 1997 (ostracods); FORKE 1994, 1995a, 1997, 2000, 2001, 2002, 2007 (fusulinids, condonts); FORKE et al. 1998 (fusulinids); FRITZ 1976 (plants); FRITZ & BOERSMA 1980-86 (plants); FRITZ et al. 1986, 1990 (plants); FRITZ & KRAINER 1993-95, 2004, 2006, 2007 (plants); JENNY-DESHUSSES 1991 (foraminifera, algae); GEDIK 1969, 1974 (condonts); GNOLI & HISTON 1998 (nautiloids); HAHN & HAHN 1987 (trilobites); HAHN & KRATZ (trilobites); HARPER et al. (brachiopods); HAVLIÈEK et al. (brachiopods); HERZOG 1983 (conodonts); HISTON 1999, 2000, 2002, 2012a, 2012b; HISTON & SCHÖNLAUB 1999; HISTON et al. 1999 (nautiloids); HOMANN 1971 (corals), 1972 (algae); HOUSE & PRICE 1980 (ammonoids); HUBMANN et al. 2003 (corals, sponge); HUNGER 1984 (plants); JAEGER 1975, 1976 (graptolites); JAEGER & SCHÖNLAUB 1970, 1977, 1980 (graptolites, conodonts); JAEGER & PÖLSLER 1968 (graptolites); JAEGER et al. 1975 (graptolites, conodonts, brachiopods); JHAVERI 1969 (gastropods); KABON & SCHÖNLAUB 2019 (plants); KAHLER 1973, 1980, 1983a, b 1984, 1985, 1986a, b, 1989, 1997 (fusulinids); KAHLER & KAHLER 1966, 1980, 1982 (fusulinids); KAHLER & KRAINER 1993 (fusulinids); KAISER & CORRADINI 2011 (conodonts); KODSI 1971 (corals); KORN 1992 (ammonoids); KOZUR et al. (conodonts); KRAINER & VACHARD 2014 (foraminifera, algae); KRAINER & VACHARD 2007a, 2007b (algae), KRAINER et al. 2019a (foraminifera); KRAINER et al. 2019b (algae); KRATZ 1989 (trilobites); LEPPIG et al. 2005 (fusulinids); LUPPOLD 1994 (conodonts); KRISTAN-TOLLMANN 1971 (foraminifera); KØÍŽ 1974, 1979, 1999; KÜSTER 1987 (corals); LANGER 1969 (foraminifera); MARTIN 1978 (acritarchs); MEHL & NOÉ 1990 (foraminifera); OEKENTORP-KÜSTER & OEKENTORP 1992 (corals); PERRI & SPALLETTA 1988a, 1988b (conodonts); PFEIFFER 1988 (conodonts); PICKETT 2007 (corals); PLODOWSKI 1971, 1973 (brachiopods); POHLER et al. 2007 (stromatoporoids, corals); PÖLSLER 1969b (conodonts); PRIEWALDER 1987 (acritarchs); PRIEWALDER 1997, 1999, 2000 (chitinozoans); RISTEDT 1968 (nautiloids); RODRIGUEZ et al. (corals); SAMANKASSOU 1998 (algae); SANTEL 2001 (trilobites); SCHALLREUTEr 1990 (ostracods); SCHNEIDER 1989 (trilobites); SCHÖNLAUB 1969b, 1971a, 1980, 1985a, 1994, 2018 (conodonts); SCHÖNLAUB & FLAJS 1993 (corals, strompatoporoids); SCHÖNLAUB & KREUTZER 1993 (conodonts); SCHÖNLAUB

Fig. 5 - Lake Zollner. Courtesy of G. Köstl.
- *Lago di Zollner. Per gentile concessione di G. Köstl.*

& Bogolepova 1994 (nautiloids), Schönlaub & Histon 1999 (nautiloids); Schönlaub & Corradini 2017 (conodonts); Schönlaub et al. 1988; 2017a, b (conodonts); Štorch & Schönlaub 2012 (graptolites); Suttner 2007 (conodonts); Suttner et al. 2017a, 2017b (conodonts); Vachard & Krainer 2001a, 2001b (algae, foraminifera); Vachard et al. 2019 (foraminifera); Vai 1973 (brachiopods).

Geochemistry

Attrep et al. 1991; Brime et al. 2003, 2008; Buggisch et al. 2015; Histon et al. 2007; Holser 1991; Holser et al. 1991; Hubich & Loeschke 1993, 1995; Hubich 1992; Hubich et al. 1993; Joachimski et al. 1994; Kaiser 2007; Kaiser et al. 2006, 2008, 2017; Klein 1991; Kralik 1991; Mader & Neubauer 2004; Mader et al. 2007; Magaritz & Holser 1991; Martin et al. 2018 (meteorites); Pak & Holser 1991; Pašava & Schönlaub 1999; Pondrelli 2002; Rantitsch 1992, 1993, 1997, 2007; Wenzel 1997.

Geochronology, Paleomagnetism, Thermal history, Conflict Archaeology

Gietl 2017; Krainer 2012; Manzoni et al. 1989; Mauritsch & Becke 1983; Meli 1998; Meli & Klötzli 2001; Neubauer et al. 2001; Rantitsch 1993; Schätz 2004; Schramm 1991; Söllner et al. 1997; Wolf et al. 2018; Zeissl & Mauritsch 1991.

Structural Geology

Deroo et al. 1967; Eichhübel 1988; Schmalholz 1998.

Applied Geology

Glawe & Moser 1989; Moser & Glawe 1994; Lotter & Moser 2007; van Husen 2017.

Mining

Pichler 2009.

Geopark Carnic Alps

Ortner et al. 2011; Schönlaub 1990, 1991, 2005, 2007; Schönlaub (ed.) 2009; Schönlaub & Krawanja-Ortner 2017; Schönlaub & Kreutzer 1995.

Guidebooks

Second European Conodont Symposium ECOS II (1980) Guidebook - Abstracts, Field Trip A (ed. Schönlaub). Abhandlungen Geologische Bundesanstalt, 35: 5-59, Wien.

Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1985, Kötschach-Mauthen, Gailtal, 15.-21. September 1985. (ed. Schönlaub). Geologische Bundesanstalt, 1-87, Wien.

Field Meeting Eastern + Southern Alps, Austria 1994: Subcommission on Silurian Stratigraphy (eds Schönlaub & Kreutzer). Berichte der Geologischen Bundesanstalt 30: 1-124, Wien.

4th International Symposium on Shallow Tethys, Pre-Symposium Excursion 2, 4-7 September 1994. Late Paleozoic and Triassic of the Carnic Alps (Austria/Italy): Biostratigraphy, Facies and Sedimentation Patterns. (eds E. Flügel et al.), 45-85, Albrechtsberg.

3. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Geotopschutz in deutschsprachigen Ländern, 10-17. September 1995 in Österreich. Beiträge und Exkursionsführer (eds Kreutzer & Schönlaub). Berichte der Geologischen Bundesanstalt 23: 1-93, Wien.

IGCP 421 North Gondwanan Mid-Paleozoic Biodynamics, Vienna '97. Guidebook (ed. Schönlaub). Berichte der Geologischen Bundesanstalt 40: 1-134, Wien.

18th IAS Regional European Meeting of Sedimentology, September, 2-4, 1997: Excursion B1, Cyclic sediments and algal mounds in the Upper Paleozoic of the Carnic Alps. (eds Flügel et al.). Gaea heidelbergensis 4: 79-100, Heidelberg.

V International Symposium Cephalopods - Present and Past. Excursion Guidebook Carnic Alps 3-7th September 1999 (ed. Histon). Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 47: 1-84, Wien.

Catastrophic Events & Mass Extinctions: Impact and Beyond, Vienna July 9-12, 2000. Field Trip Guidebook (eds Koeberl & Schönlaub). University of Vienna, 61-114, Wien.

9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera, 3-7 August, 2003, Graz, Austria. Excursion A1 Paleozoic Coral-Sponge Bearing Successions in Austria (eds Hubmann, Pohler, Schönlaub & Messner). Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 61: 1-91, Wien.

Field Trip Carnic Alps Guidebook, Carinthia, Austria, June 23-24, 2004. University of Northern Colorado (eds Ferretti, Histon, Hubmann, Hüneke, Joachimski, Korn, Pohler & Schönlaub). Geologische Bundesanstalt, 1-74, Wien.

75 (76). Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, 27. 08 - 02. 09. 2005. (eds Schönlaub & Forke): Das Jungpaläozoikum der Karnischen Alpen und das Karbon von Nötsch. Graz, 1-48.

Late Paleozoic of the Carnic Alps (Austria/Italy). Field-trip ofthe SCCS Task Group to establish GSSP's close to the Moscovian/Kasimovian and Kasimovian/Gzhelian boundaries, July 31st-August 1st, 2006. Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 70: 1-56, Wien.
Regional Devonian Workshop Prague & Graz 2009 (eds Suttner, Berkyova, Hubmann, Koptivá & Slavik). Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 79: 1-124, Wien.
Paleozoic Seas Symposium, Graz, 14th-18th September 2009 (eds Suttner, Hubmann & Piller). Abstract

Fig. 6 - Lake Wolayer (Wolayersee) with Mt Seekopf (2554 m). Photo M. Stabentheiner.
- *Il Lago di Volaia con il Monte Capolago (2554 m). Foto di M. Stabentheiner.*

Volume. Berichte des Institutes für Erdwissenschaften, 14, Karl-Franzens-Universität Graz, 1-94, Graz.

Strati 2015 (Corradini et al., 2015). Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps. Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 111, 40 p.

Im Herzen der Karnischen Alpen. Alpingeschichte, Gebirgskrieg, Geologische Kostbarkeiten (Deutsch, Englisch, Italienisch). Hrsg. Schönlaub (2017a), 1-77. Sektion Obergailtal-Lesachtal des Österreichischen Alpenvereins (Sonderausgabe „Blickpunkt“), Kötschach-Mauthen.

International Conodont Symposium (ICOS 4) Field Guide Book, 20th June-9th July 2017. Fieldtrip Carnic Alps, 5th-9th July (eds. Suttner, Valenzuela-Rios, Liao, Corradini & Slavík). Berichte des Instituts für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz, 23: 199-286, Graz (2017b).

19th International Congress on the Carboniferous and Permian (XIX ICCP 2019, Cologne), August, 2nd-6th, 2019. Post-Conference Field trip C3 (eds Novak, Forke & Schönlaub): The Pennsylvanian-Permian of the Southern Alps (Carnic Alps/Karavanke Mts.), Austria/ Italy/Slovenia - fauna, facies and stratigraphy of a mixed carbonate - siliciclastic shallow marine platform along the northwestern Palaeotethys margin. Kölner Forum Geol. Paläont., 23, Cologne.

Outlook

Todays ‘technology unlimited’ offers so many new paths that geological research will never end. What are some of the major research goals in the Carnic Alps in the future? For me it seems clear that the current state of knowledge is satisfying but there are many new scientific challenges in both Austria and Italy:

1. First of all, more stratigraphic data are needed in the western Carnic Alps with its siliciclastic-dominated sequences. The presumably Ordovician rocks are not well established in terms of age assignments and it is not clear whether or not their base might extend into the lowermost Ordovician or even into the Cambrian. Apparently, metamorphism has obliterated most if not all sedimentary and biological traces. Zircon analysis methods or other provenance studies may be applied to these rocks.
2. Modern geochemistry and in particular isotope geochemistry offer new tools to decipher more detailed the sedimentary histories of limestone deposits but also of pelitic rocks.
3. At present the precise correlation of more than 1000 m thick shallow-water sequences with less than 100 m thick deep-water condensed strata is not well established but is strongly needed for the reconstruction

Fig. 7 - The area between Forcella Monumenz, Cima Plotta and Cra. Monumenz. Photo A. D’Andrea.
- *L’area fra Forcella Monumenz, Cima Plotta e Casera Monumenz. Foto di A. D’Andrea.*

of the relationship between both settings and its mutual dynamic behavior. A first step towards this goal should be directed at the southern slope of the Kellerwand range between Marinelli Hut (Fig. 7) and Plöckenpaß (Monte Croce Carnico). Along the flat plain between Forcella Monumenz, Cima Plotta and Cra. Monumenz light gray fossiliferous limestones are exposed which most probably belong to the Middle Devonian. Locally they are unconformably overlain by light reddish limestones which according to Schönlaub & Kreutzer (1993) have provided a rich and diversified conodont, trilobite and goniatite fauna of late Tournaisian to lower Visean (Mississippian) age. This hiatus in sedimentation between the Middle Devonian and Lower Carboniferous contrasts with the Kollinkofel (Creta di Collina) and Kellerspitzen (Creta della Chianevate) sections, respectively, which comprise an uninterrupted Frasnian to Famennian limestone sequence overlying the Givetian Kellergrat reefal limestones. An explanation for this hiatus is yet missing and a new conodont-based detailed map is needed in the area mentioned above.

4. Another important topic concerns the transition from the Lower Carboniferous limestone sequence to the siliciclastic Hochwipfel Formation. Some argue that there was an emersion before the flysch sequence started, some others prefer continuous deepening at the onset of the Carboniferous Period. We need more field evidences to decide on this important question!
5. The present knowledge of the fossiliferous Upper Ordovician sequence and its correlation with Sardinia and Montagne Noire is far from being solved. More fossils can only be collected in the field and there is a potential to find some good material (e. g. at the eastern face of Cellon-Creta di Collinetta or at the base of Hoher Trieb-Coglians mountain). Eventually, such an approach should be realized through the invitation of and collaboration with foreign specialists.
6. As far as the tectonic evolution is concerned the structural framework has to be analyzed and outlined in detail to separate the Variscan from the Alpidic deformation style. Nappe building in comparison with the central Alps is not well understood and has to be considerably improved by structural geologists. The so-called "Feldkogel Zug" should be studied in more detail. Its fault-bounded setting suggests a huge olistolith slab within the flysch basin of the Hochwipfel Formation.
7. So far outreach activities have increased the number of visitors to this spectacular mountain range although more brochures, booklets, signposts in the field and videos have to be produced to invite more local school classes and foreign tourists to this aesthetic region.
8. The application to become a cross-border UNESCO World Natural Heritage Site should be strongly encouraged by all actors in this fantastic area.

Manuscript received on 24.VIII.2019, accepted on 17.IX.2019.

Fig. 8 - View from North of the Kollinkofel (Creta di Collina) and Kellerspitzen (Creta della Chianevate). Photo I. Pecile.
- *Vista da Nord della Creta di Collina e Creta della Chianevate, Foto di I. Pecile.*

Acknowledgements

The author acknowledges the contributions from Holger Forke (Berlin), Mathias Hinderer (Darmstadt), Sandra Kaiser (Stuttgart), Karl Krainer (Innsbruck) and Carlo Corradini (Trieste) by careful reading the text and adding additional references which were missing in the first version. Also, any amendments are appreciated if necessary.

The abstract of this pubblication have been presented at the workshop "Geological Research in the Carnic Alps: from Past to Future", organized in Udine (23-24.IX.2019) within the frame of the Interreg Italia-Austria 2014-2020 project "GeoTrAC - Transborder Geopark of the Carnic Alps".

References

Alberti, G.K.B. 1967. Neue obersilurische sowie unter- und mitteldevonische Trilobiten aus Marokko, Deutschland und einigen anderen europäischen Gebieten. *Senckenberg. lethaea* 48: 481-509.

Alberti, G.K.B. 1985. Zur Tentakulitenführung im Unter- und Mitteldevon der Zentralen Karnischen Alpen (Österreich). *Courier Forsch. Senckenberg* 75: 375-88.

Amerom, van, H.W.J., G. Flajs & G. Hunger. 1984. Die „Flora der Marinelli-Hütte" (mittleres Vise) aus dem Hochwipfel flysch der Karnischen Alpen (Italien). *Mededel. Rijks Geol. Dienst* 37-3: 21-61.

Amerom, van, H.W.J., & A. Fritz. 2001. Ein interessanter fossiler Pflanzenfund vom Tomritsch-3. *Carinthia II* 191/111: 461.

Amerom, van, H.W.J., & H.P. Schönlaub. 1992. Pflanzenfossilien aus dem Karbon von Nötsch und der Hochwipfel-Formation der Karnischen Alpen (Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 195-216.

Argnani, A., & W. Cavazza. 1984. New examples of Hercynian angular unconformity in the Southern Alps: Creta di Rio Secco (Eastern Carnic Alps). *Giorn. Geol.* ser. 3, 46/1: 15-23.

Argyriadis, I. 1970. La position des Alpes carniques dans l'orogène alpin at le problème de la limite alpino-dinarique. *Bull. Soc. Géol. de France* 12 (3): 473-80.

Attrep, M. Jr., C.J. Orth & L.R. Quintana. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Geochemistry and Common and Trace Elements II - INAA and RNAA. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub. Abh. Geol. B.-A. 45: 123-37.

Auferbauer, H. 1971. *1: Fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Devon der Osternig (Karnische Alpen). 2: Zur Kenntnis der Silur-Devon-Folge von Pessendellach Kärnten*. Dissertation: 1-152.

Auferbauer, H. 1972. Zur Kenntnis der Silur-Devon-Folge von Pessendellach (Kärnten). *Verh. Geol. B.-A.* 1972: 214-24.

Bandel, K. 1969. Feinstratigraphische und biofazielle Untersuchungen unterdevonischer Kalke am Fuß der Seewarte (Wolayer See, Zentrale Karnische Alpen). *Jahrb. Geol. B.-A.* 112: 197-234.

Bandel, K. 1972. Palökologie und Paläogeographie im Devon und Unterkarbon der Zentralen Karnischen Alpen. *Palaeontographica*, A 141: 1-117.

Bandel, K. 1974. Deep-water limestones from the Devonian-Carboniferous of the Carnic Alps, Austria. *Sp. Publ. Intern. Ass. Sediment.* 1974 (1): 93-115.

Bandel, K., & G. Becker. 1975. Ostracoden aus paläozoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). *Senckenberg. lethaea* 56: 1-83.

Bandel, K., B. Hubmann, E. Kido, S. Pohler, H.-P. Schönlaub & T. Suttner. 2015. Hohe Warte Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 85-8. Abh. Geol. B.-A. 69.

Bär, R. 1981. In *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 198 Weißbriach*, cur. H.P. Schönlaub (1987). Wien: Geologische Bundesanstalt.

Baucon, A., & C. Neto de Carvalho. 2008. From the river to the sea: Pramollo, a new ichnolagerstätte from the Carnic Alps (Carboniferous, Italy-Austria). *St. Trent. Sci. Nat. Acta Geologia* 83: 87-114.

Baucon, A., C. Neto de Carvalho, R. Barbieri, F. Bernardini, B. Cavalazzi, A. Celani, F. Felletti, A. Ferretti, H.P. Schönlaub, A. Todaro & C. Tuniz. 2017. Organism-substrate interactions and astrobiology: Potential, models and methods. *Earth Sc. Reviews* 171: 141-80.

Boeckelmann, K. 1985. Mikrofazies der Auernigschichten und Grenzland-Bänke westlich des Rudnig Sattels (Karbon-Perm, Karnische Alpen). *Facies* 13: 155-74.

Boeckelmann, K. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core and the Reppwand Outcrop Section (Carnic Alps, Austria). In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 17-36. Abh. Geol. B.-A. 45.

Boersma, M., & A. Fritz. 1984. *Kahleria carinthiaca* nov. gen., nov. spec. (Incertae sedis) aus Stefan-Schichten der Kronalpe (Kärnten, Österreich). *Carinthia II* 174/94: 177-88.

Boersma, M., & A. Fritz. 1986. Makropaläobotanische Ergebnisse zur Stratigraphie jungpaläozoischer Ablagerungen in den Karnischen Alpen, Österreich. *Carinthia II* 176/96: 19-37.

Bogolepova, O.K., & H.P. Schönlaub. 1998. The First Nautiloid from the Upper Ordovician of the Carnic Alps (Austria). *Jahrb. Geol. B.-A.* 141: 21-4.

Breuninger, A., & H. Schuh. 1980. Aufnahmebericht über das Gailtal-Kristallin zwischen Kötschach-Mauthen und Niedergail auf Blatt Kötschach 197, 1980. *Geologische Bundeanstalt*, 1-4.

Breuninger, A., H. Heinisch & H. Schuh. 1983. Bericht 1980 über geologische Aufnahmen im Kristallin des unteren Lesachtales, westlich von Kötschach-Mauthen, Blatt 197 Kötschach Kärnten. *Geologische Bundesanstalt*, 1-3.

Breuninger, A., & H. Schuh. 1984. Bericht 1980 über geologische Aufnahmen im Gailtalkristallin zwischen Kötschach-Mauthen und Niedergail auf Blatt 197 Kötschach. *Verh. Geol. B.-A.* 1981: A105-8.

Brett, C., A. Ferretti, K. Histon & H.P. Schönlaub. 2007. Eustasy and Basin Dynamics of the Silurian of the Carnic Alps (Austria). *Acta Palaeont. Sinica* 46 (Suppl.): 43-9.

Brett, C., A. Ferretti, K. Histon & H.P. Schönlaub. 2009. Silurian sequence stratigraphy of the Carnic Alps, Austria. *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 279: 1-28.

Brime, C., M.C. Perri, M. Pondrelli, C. Spalletta & C. Venturini. 2003. Thermal evolution of Palaeozoic–Triassic sequences of the Carnic Alps: Kübler Index and conodont Colour Alteration Index evidence. *Atti Ticinensi di Scienze della Terra* s.s. 9: 77-82.

Brime, C., M.C. Perri, M. Pondrelli, C. Spalletta & C. Venturini. 2008. Polyphase metamorphism in the eastern Carnic Alps (N Italy-S Austria): clay minerals and conodont Colour AlterationIndex evidence. *Intern. Jour. of Earth Sc.* 97: 1213-29.

Buggisch, W. 1974. Die Bellerophonschichten der Reppwand (Gartnerkofel, Oberperm, Karnische Alpen). Untersuchungen zur Fazies und Geochemie. *Carinthia II* 84: 17-26.

Buggisch, W. 1978. Die Grödener Schichten (Perm, Südalpen. Sedimentologische und geochemische Untersuchungen zur Unterscheidung mariner und kontinentaler Sedimente. *Geolog. Rund.* 67: 149-80.

Buggisch, W., & E. Flügel. 1980. Die Trogkofel Schichten der Karnischen Alpen - Verbreitung, geologische Situation und Geländebefund. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur E. Flügel, 13-50. *Carinthia II*, *Sond.* 36.

Buggisch, W., E. Flügel, F. Leitz & G.-F. Tietz. 1976a. Die fazielle und paläogeographische Entwicklung im Perm der Karnischen Alpen. *Geolog. Rund.* 65: 649-90.

Buggisch, W., E. Flügel, F. Leitz & G.-F. Tietz. 1976b. Tektonische Bewegungen an der Wende Unter/Mittelperm in den Südalpen. *Nachr. der Deut. Geolog. Gesel.* 15: 30.

Buggisch, W., S. Krumm & S. Noé. 1994. Geochemische und fazielle Musterin peritidalen Kalk/Dolomit-Zyklender oberen Bellerophon-Schichten (Oberperm) in den Südalpen. *Abh. Geol. B.-A.* 50: 69-87.

Buggisch, W., K. Krainer, M. Schaffhauser, M. Joachimski & C. Korte. 2015. Late Carboniferous to Late Permian carbon isotope stratigraphy: A new record from post-Variscan carbonates from the Southern Alps (Austria and Italy). *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 433: 174-90.

Boeckelmann, K. 1983. *Geologische und mikrofazielle Untersuchungen im Ober-Karbon und Perm zwischen Rudnig-Sattel und Ringmauer, Karnische Alpen, Nord-Italien*. Diplomarbeit, 1-108.

Boeckelmann, K. 1988. *Die Werfener Schichten in den Karnischen Alpen und westlichen Karawanken (Österreich und Italien). Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie im nordöstlichen Bereich der Südalpen*. Doctoral Thesis, 1-213.

Boeckelmann, K. 1991. The Permian-Triassic of the Gartrnerkofel-1 Core and the Reppwand Outcrop Section (Carnic Alps, Austria). In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 17-36. Abh. Geol. B.-A. 45.

Boeckelmann, K., & M. Magaritz. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Dolomitization of the Permian-Triassic Sequence. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 61-8. Abh. Geol. B.-A. 45.

Büscher, M. 1983. *Geologische Kartierung im Gebiet zwischen Nieder- und Obergailtal, Lesachtal, Karnische Alpen, Österreich*. Diplomarbeit, 1-52.

Buttersack, E. 1982. *Das Paläozoikum im Gebiet zwischen Schulter und Rio di Lanza, Karnische Alpen, Nord-Italien*. Diplomarbeit, 1-78.

Buttersack, E., & K. Boeckelmann. 1984. Palaeoenvironmental evolution during the Upper Carboniferous and the Permian in the Schulter Trogkofel area (Carnic Alps, Northern Italy). *Jahrb. Geol. B.-A.* 126 (3): 349-58.

Conti, M.A., G. Leonardi, R. Manni & C. Venturini. 1991. Limuloid tracks into the Meledis Fm. (Upper Carboniferous, Kasimovian) of the Carnic Alps. *Giorn. Geol.* ser. 3a, 53 (1): 151-9.

Corradini, C. 2008. The conodont Genus *Pseudooneotodus* Drygant from the Silurian and Lower Devonian of Sardinia and the Carnic Alps (Italy). *Boll. Soc. Paleont. It.* 46: 139-48.

Corradini, C., & M.G. Corriga. 2012. A Pridoli-Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation scheme. *Bull. of Geosc.* 87: 635-50.

Corradini, C., & M.G. Corriga. 2018. The new genus *Walliserognathus* and the origin of *Polygnathodes siluricus* (Conodonta, Silurian). *Estonian Jour. of Earth Sc.* 67 (2): 113-21. doi:10.3176/earth.2018.08.

Corradini, C., & T.J. Suttner, cur. 2015. The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy). *Abh. Geol. B.-A.* 69: 1-158.

Corradini, C., & T.J. Suttner. 2017. Introduction to ICOS 4 Field Trip in the Carnic Alps. *Berichte des Institutes für Erdwissenschaften Karl-Franzens-Universität Graz* 23: 201-2.

Corradini, C., S.I. Kaiser, M.C. Perri & C. Spalletta. 2011. *Protognathodus* (Conodonta) and its potential as a tool for defining the Devonian/Carboniferous boundary. *Riv. It. Paleont. Strat.* 117: 15-28.

Corradini, C. et al. 2015a. Strati 2015. *Ber. Geol. B.-A.* 111.

Corradini, C., M.G. Corriga, P. Männik & H.P. Schönlaub. 2015b. Revised conodont stratigraphy of the Cellon section (Silurian, Carnic Alps). *Lethaia* 48 (1): 56-71.

Corradini, C., M. Pondrelli, T.J. Suttner & H.P. Schönlaub. 2015c. The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps. *Berichte der Geologisches Bundesantsalt* 111: 5-40.

Corradini, C., M.G. Corriga, M. Pondrelli, H.-P. Schönlaub, L. Simonetto, C. Spalletta & A. Ferretti. 2015d. Rauchkofel Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 73-6. Abh. Geol. B.-A. 69.

Corradini, C., M.G. Corriga, M. Pondrelli, H.-P. Schönlaub, L. Simonetto, C. Spalletta & A. Ferretti. 2015e. La Valute Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy),* cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 77-80. Abh. Geol. B.-A. 69.

Corradini, C., C. Spalletta, A. Mossoni, H. Matya & D. J. Overs. 2016. Conodonts across the Devonian/Carboniferous boundary: a review and implication for the redefinition of the boundary and proposal of an updated zonation. *Geological Magazine* 154 (4): 888-902.

Corradini, C., M. Pondrelli, H.P. Schönlaub & T.J. Suttner. 2017a. The Palaezoic of the Carnic Alps: an overview. *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 203-11.

Corradini, C., H.P. Schönlaub & S.I. Kaiser. 2017b. The Devonian/Carboniferous boundary in the Grüne Schneid section. *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 271-5.

Corradini, C., M.G. Corriga, A. Ferrettti & H.P. Schönlaub. 2017c. The Cellon section. *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 262-70.

Corradini, C., M.G. Corriga, M. Pondrelli & T.J. Suttner. 2019. Conodonts across the Silurian/Devonian boundary in the Carnic Alps (Austria and Italy). *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 1-14. doi: 10.1016/j.palaeo.2019.02.023.

Corriga, M.G., & C. Corradini. 2019. The conodont apparatus of *Zieglerodina eladioi* (Valenzuela Rios, 1994). *Boll. Soc. Paleont. It.* 58: 181-5. doi:10.4435/BSPI.2019.14,

Corriga, M.G., C. Corradini, H.P. Schönlaub & M. Pondrelli. 2016. Lower Lochkovian (Lower Devonian) conodonts from Cellon section (Carnic Alps, Austria). *Bull. of Geosc.* 91 (2): 261-70.

Davydov, V.I., & K. Krainer. 1999. Fusulinid assemblages and facies of the Bombaso Fm. and basal Meledis Fm. (Moscovian-Kasimovian) in the Central Carnic Alps (Austria/Italy). *Facies* 40: 157-96.

Davydov, V., K. Krainer & W. Chernykh. 2013. Fusulinid biostratigraphy of the Lower Permian Zweikofel Formation (Rattendorf Group; Carnic Alps, Austria) and Lower Permian Tethyan chronostratigraphy. *Geol. Jour.* 48: 57-100.

Deroo, G., J. Gauthier & G. Schmerberg. 1967. Etudes d'environments carbonates a propos du Devonien des Alpes Carniques. In *International Symposium on the Devonian System*, cur. D.H. Oswald, 307-23. Calgary: Soc. Petr. Geol.

Dreesen, R.J.M.J. 1992. Conodont biofacies analysis of the Devonian/Carboniferous boundary beds in the Carnic Alps. Jahr. Geol. B.-A. 135: 49-56.

Dullo, W.-C. 1992. Mikrofazies and Diagenese der oberordovizischen Cystoideen-Kalke (Wolayerkalk) und ihrer Schuttfazies (Uggwakalk) in den Karnischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 317-33.

Dullo, W.-C., & H.P. Schönlaub. 2012. Larger benthic foraminifera (fusulinids) in petrogenetic frequencies: the Paleozoic treasure of the Carnic Alps. *Intern. Jour. of Earth Sc. (Geol. Rund.)* 101: 1875-6.

Düppenbecker, S. 1984. *Geologische Kartierung im Gebiet zwischen Obergail- und Frohntal*. Diplomarbeit, 1-63+ Geologische Karte Gebiet zwischen Obergailtal und Frohntal Karnische Alpen, Lesachtal 1:10.000, Aachen.

Ebner, F. 1973a. Das Paläozoikum des Elferspitz (Ashgill bis Unterkarbon; Karnische Alpen, Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1973: 155-93.

Ebner, F. 1973b. Die Conodontenfauna des Devon/Karbon-Grenzbereichs am Elferspitz (Karnische Alpen, Österreich). *Mitteil. der Abt. Geol., Paläont. und Bergbau Landesm. Joanneum* 33: 36-49.

Ebner, F. 1973c. Foraminiferen aus dem Paläozoikum der Karnischen Alpen. *Mitteil. der Abt. Geol., Paläont. und Bergbau Landesm. Joanneum* 34: 3-24.

Ebner, F., A. Fernninger & H.P. Schönlaub. 1981. The Variscan in Austria. In *The Variscan Orogen in Europe*, cur. H.J. Zwart & U.F. Dornsiepen, 169-70. Geologie en Mijnbouw 60.

Ebner, F., S. Kovács & H.P. Schönlaub. 1991. Das klassische Karbon in Österreich und Ungarn - ein Vergleich der sedimentären fossilführenden Vorkommen. In *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn*, 263-94. Wien-Budapest: Geologische Bundesanstalt.

Edward, D., & R. Riding. 1989. Microskeletal-microbial fenestral reef framework, Lower Permian Trogkofel Formation, Carnic Alps, Austria. In *Algae in Reefs Symposium, Granada.* Abstract, 11-12.

Eichhübel, P. 1988. *Gross- und kleintektonische Untersuchungen zum alpidischen und variszischen Gebirgsbau in den östlichen Karnischen Alpen (Österreich/Italien)*. Diplom-arb. Formal- Naturwiss. Fak. Univ. Wien, IV+1-123.

Feist, R. 1992. Trilobiten aus dem Devon/Karbon-Grenzprofil an der Grünen Schneid (Zentrale Karnische Alpen, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 21-47.

Felser, K. 1974. Die jungpaläozoische Transgression am Roßkofel (Karnische Alpen). *Carinthia II* 84: 39-41.

Felser, K., & F. Kahler. 1963. Die Geologie der Rattendorfer Alm (Karnische Alpen). *Carinthia II* 153/73: 72-90.

Fenninger, A. 1970. Markovketten-Analysen and den kalkreichen Schichtgruppen der oberkarbonen Auernig schichten im Raume von Naßfeld (Karnische Alpen, Kärnten). *Carinthia II* 160/80, 19-26.

Fenninger, A. 1971. Bericht über detailstratigraphische Aufnahmen der oberkarbonen Auernigschichten im Raume Nassfeld (Karnische Alpen). *Verh. Geol. B.-A.* 1971 (3): 633-6.

Fenninger, A. 2000. Karbonatorgeln aus der oberkarbonen Auernig Gruppe der Karnischen Alpen. *Mitteil. der österreich. Geolog. Gesell.* 91: 53-61.

Fenninger, A. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Mineralogy of the Shaly and Marly Interbeds. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 54-70. Abh. Geol. B.-A. 45.

Fenninger, A., & H.P. Schönlaub. 1972. A/2. Das Paläozoikum der Karnischen Alpen. In *Exkursionsführer 42. Jahresversammlung der Paläontologischen Gesellschaft in Graz*, 6-16. September 1972, cur. H.W. Flügel, 18-60. Abteil. für Paläont. und Hist. Geologie Universität Graz und Abteil. für Geol., Paläont. und Bergbau am Landesm. Joanneum in Graz.

Fenninger, A. & Stattegger, K. 1977. Schwermineraluntersuchungen in den oberkarbonen Auernig-Schichten des Garnitzenprofiles (Naßfeld, Karnische Alpen). *Verh. Geol. B.-A.* 1977 (3), 367-74, Wien.

Fenninger, A., H.W. Flügel, H.-L. Holzer & H.P. Schönlaub. 1971. Bericht über detail stratigraphische Aufnahmen im Oberkarbon des Waschbüchel-Profiles (Karnische Alpen, Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1971 (3): 637-42.

Fenninger, A., H.P. Schönlaub, H.-L. Holzer & G. Flajs. 1976. Zu den Basisbildungen der Auernigschichten in den Karnischen Alpen (Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1976: 243-55.

Ferrari, A., & G.B. Vai. 1973. Revision of the Famennian Rhynchonellid Genus *Plectorhynchella*. *Giorn. Geol.* Ser. 2a, 39: 163-220.

Ferretti, A. 2005. Ooidal ironstones and laminated ferruginous deposits from the Silurian of the Carnic Alps, Austria. *Boll. Soc. Paleont. It.* 44: 263-78.

Ferretti, A., & K. Histon. 1997. Field Trip Programme. Stop 2: Rauchkofel Boden Section. Cephalopod Limestones. In *IGCP-421 Inaugural Meeting Vienna, Guidebook*, cur. H.P. Schönlaub, 112-6. Ber. Geol. B.-A. 40.

Ferretti, A., & H.P. Schönlaub. 2000. Hirnantian conodonts from the Carnic Alps, Austria. In *Palaeontology Down Under 2000*, cur. P. Cockle, 33-4. Geological Society of Australia, Abstract 61.

Ferretti, A., & H.P. Schönlaub. 2001. New conodont faunas from the Late Ordovician of the Central Carnic Alps, Austria. *Boll. Soc. Paleont. It.* 40: 3-15.

Ferretti, A., & E. Serpagli. 2008. *Eurytholia* plates (Problematica) from the Silurian of the Austrian Carnic Alps. *Revue de micropaléont.* 51: 183-7.

Ferretti, A., K. Histon & H.P. Schönlaub. 1999. Stop 2. The Silurian and Early Devonian of the Rauchkofel Boden Section, Southern Carnic Alps, Austria. In *V International Symposium Cephalopods - Present and Past. Carnic Alps, Excursion Guidebook*, cur. K. Histon, 55-62. Ber. Geol. B.-A. 47.

Ferretti, A., K. Histon & H.P. Schönlaub. 2004. Ordovician to Lower Devonian of the Rauchkofel Boden Section. In *Field Trip Carnic Alps 2004, Guidebook*, 48-54. Wien: Geologische Bundesanstalt.

Ferretti, A., K. Histon, P.I. McLaughlin & C.E. Brett. 2012a. Time-specific facies: The color and texture of biotic events. Preface. In *Time-specific facies: the colour and texture of biotic events*, cur. A. Ferretti, K. Histon, P.I. McLaughlin & C.E. Brett, 1-2. Palaeo. Palaeo. Palaeo. 367-8.

Ferretti, A., B. Cavalazzi, R. Barbieri, F. Westall, F. Foucher & R. Todesco. 2012b. From black-and-white to colour in the Silurian. In *Time-specific facies: the colour and texture of biotic events*, cur. A. Ferretti, K. Histon, P.I. McLaughlin & C.E. Brett, 178-92. Palaeo. Palaeo. Palaeo. 367-8

Ferretti, A., A. Cardini, J. Crampton, E. Serpagli, H.D. Sheets & P. Štorch. 2013. Rings without a lord? Enigmatic fossils from the lower Palaeozoic of Bohemia and the Carnic Alps. *Lethaia* 46: 211-21.

Ferretti, A., H.P. Schönlaub, C. Corradini, M.G. Corriga, M. Pondrelli, L. Simonetto & P. Serventi. 2015a. Kok Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T. Suttner, 46-51. Abh. Geol. B.-A. 69.

Ferretti, A., H.P. Schönlaub, C. Corradini, M.G. Corriga, M. Pondrelli, L. Simonetto & P. Serventi. 2015b. Cardiola Formation. *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T. Suttner, 55-5. Abh. Geol. B.-A. 69.

Ferretti, A., H.P. Schönlaub, C. Corradini, M.G. Corriga, M. Pondrelli, L. Simonetto & P. Serventi. 2015c. Alticola Formation *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T. Suttner, 56-60. Abh. Geol. B.-A. 69.

Ferretti, A., W.I. Ausich, C. Corradini, M.G. Corriga & H.P. Schönlaub. 2016. Stars from the Silurian sky. Echinoderm holfasts from the Carnic Alps (Austria). *Geologica Acta* 14: 335-47.

Flügel, E. 1966. Algen aus dem Perm der Karnischen Alpen. *Carinthia II*, *Sond.* 25: 1-76.

Flügel, E. 1968. Bericht über fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Perm der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 78: 38-65.

Flügel, E. 1969. Fazielle und stratigraphische Untersuchungen im Perm der Karnischen Alpen. *Carinthia II*, *Sond.* 27: 21-2.

Flügel, E. 1971. Palökologische Interpretation des Zottachkopf-Profils mit Hilfe von Kleinforaminiferen. *Carinthia II*, *Sond.* 28: 61-96.

Flügel, E. 1974. Fazies-Interpretation der unterpermischen Sedimente in den Karnischen Alpen. *Carinthia II* 84, 43-62.

Flügel, E. 1977. Environmental models for Upper Paleozoic benthic calcareous algal communities. In *Fossil algae. Recent results and developments*, cur. E. Flügel, 314-43. Berlin: Springer-Verlag.

Flügel, E. 1980. Die Mikrofazies der Kalke in den Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur. E. Flügel, 51-99. Carinthia II, Sond. 36.

Flügel, E. 1981. Lower Permian *Tubiphytes/Archaeolithoporella* buildups in the southern Alps (Austria and Italy). *SEPM, Special Publication*. 30: 143-60.

Flügel, E. 1987. Reef Mound - Entstehung: Algen-Mounds im Unterperm der Karnischen Alpen. *Facies* 17: 73-90.

Flügel, E., & G. Agiorgitis. 1970. Rotsedimentation im Trogkofel-Kalk (höheres Unter-Perm) der Karnischen Alpen. *Anz. Österreich. Akad. der Wissen., Mathematisch.-naturwissen. Klasse*, 1970 (9): 173-8.

Flügel, E., & E. Flügel-Kahler. 1980. Algen aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. *Carinthia II*, *Sond.* 36: 113-82.

Flügel, E., & E. Flügel-Kahler. 1992. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base. *Facies*, 26: 167-278.

Flügel, E., & E. Flügel-Kahler. 1998. Die Kalkalge *Anthracoporella spectabilis* Pia aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Ein Vergleich mit rezenten dasycladalen Grünalgen. *Mitteil. der Ref. Geol., Paläont. und Bergbau Landesm. Joanneum, Sond.* 2: 175-98.

Flügel, E., & F. Kahler, cur. 1974. Forschungsergebnisse im Ost- und Südalpinen Perm. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Kärnten. *Carinthia II* 164/84: 7-124.

Flügel, E., F. Kahler & G. Kahler. 1978. Nachweis von marinem Mittelperm bei Forni Avoltri (Carnia, Südalpen). *Neues Jahrb. für Geol., Paläont., Monatshefte* 1978: 449-58.

Flügel, E., & S. Kraus. 1988. The Lower Permian Sexten Breccia (Sexten Dolomites) and the Tarvis Breccia (Carnic Alps): Microfacies, depositional environment and paleotectonic implications. *Mem. Soc. Geol. It.* 34: 67-90.

Flügel, E., & K. Krainer. 1992. Allogenic and autogenic controls of reef mound formation: Late Carboniferous auloporid coral buildups from the Carnic Alps, Italy. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 185 (1): 39-62.

Flügel, E., & H.P. Schönlaub. 1990. Exotic limestone clasts in the Carboniferous of the Carnic Alps and Nötsch. In *Field Workshop on Carboniferous to Permian sequence of the Pramollo-Naßfeld Basin (Carnic Alps), Proceedings*, cur. C. Venturini & K. Krainer, 15-9. Bologna: Università di Bologna.

Flügel, E., B. Fohrer, H. Forke, W. Kraft & E. Samankassou. 1994. Late Paleozoic and Triassic of the Carnic Alps (Austria/Italy): Biostratigraphy, Facies and Sedimentation Patterns. In *Guidebook for Field Excursions (2) Shallow Tethys* 4: 45-85. Albrechtsberg.

Flügel, E., B. Fohrer, H. Forke, W. Kraft & E. Samankassou. 1997. Cyclic sediments and algal mounds in the Upper Paleozoic of the Carnic Alps. In *18th Regional European Meeting of Sedimentology, Excursion B1*, 79-100. Gaea heidelbergensis 4.

Flügel, E., W. Homann & G.F. Tietz. 1971. Litho- und Biofazies eines Detailprofils in den Oberen Pseudoschwagerinen-Schichten (Unter-Perm) der Karnischen Alpen. *Verh. Geol. B.-A.* 1971/1: 10-42.

Flügel, H.W. 1969. Symposium über Paläontologie und Stratigraphie der Karnischen Alpen, März 1969. *Carinthia II*, *Sond.* 27: 1-37.

Flügel, H.W., & H.P. Schönlaub. 1972. Geleitworte zur stratigraphischen Tabelle des Paläozoikums von Österreich. *Verh. Geol. B.-A.* 1972: 187-98.

Flügel, H.W., H. Jaeger, H.P. Schönlaub & G.B. Vai. 1977. Carnic Alps. In *The Silurian-Devonian Boundary*, 126-42. Stuttgart: IUGS S. A, 5.

Fohrer, B. 1991. Verkieselte Flachwasserostracoden und ihre Begleitfauna und -flora aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen (Nassfeld-Region). *Abh. Geol. B.-A.* 46: 1-107.

Fohrer, B. 1997. Ostracoden aus dem Oberkarbon und Unterperm der Karnischen Alpen (Österreich): Systematik, Biostratigraphie und Palökologie. *Jahrb. Geol. B.-A.* 140 (2): 99-191.

Fohrer, B., & E. Samankassou. 2005. Paleoecological control of ostracode distribution in a Pennsylvanian Auernig cyclothem of the Carnic Alps, Austria. *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 225 (1-4): 317-30.

Forke, H.C. 1994. *Biostratigraphie (Fusuliniden; Conodonten) und Mikrofazies im Unterperm (Sakmar) der Karnischen Alpen (Nassfeldgebiet, Österreich) - Bedeutung für die internationale Korrelation von Fusuliniden- und Conodontenzonierungen*. Unpublished Diploma Thesis, 1-115. Erlangen-Nürnberg: Universität Erlangen-Nürnberg.

Forke, H.C. 1995a. Biostratigraphie (Fusuliniden, Conodonten) und Mikrofazies im Unterperm (Sakmar) der Karnischen Alpen (Naßfeldgebiet, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 138: 207-97.

Forke, H.C. 1995b. The Carboniferous/Permian boundary in the Carnic Alps (Austria): Additional observations on correlating fusulinid zones in the Southern Urals and the Darvaz region with the Schulterkofel section. *Permophiles* 26: 13-6.

Forke, H.C. 1997. Evidence of dimorphism in the genus *Robustoschwagerina* (Schwagerinidae; Foraminiferida). *Geologie Blatt NO-Bayern* 47: 357-66.

Forke, H.C. 2000. Late Paleozoic fusulinaceans from the Carnic Alps. In *Palaeontological Highlights of Austria*, cur. W. Piller et al., 199-204. Mitteil. der österreich. Geolog. Gesell. 92.

Forke, H.C. 2001. *Integrated paleontological studies on the fusulinacean/conodont faunas and biostratigraphy of Upper Carboniferous/Lower Permian deposits from the Southern Alps (Carnic Alps, Karavanke Mts., Austria/Italy/Slovenia) and its correlation with Russian type sections (Moscow Basin, Southern Urals).* Unpublished Ph. D. Thesis, 1-145. Erlangen: FA University Erlangen-Nürnberg.

Forke, H.C. 2002. Biostratigraphic Subdivision and Correlation of Uppermost Carboniferous/Lower Permian Sediments in the Southern Alps: Fusulinoidean and Conodont Faunas from the Carnic Alps (Austria/Italy), Karavanke Mountains (Slovenia), and Southern Urals (Russia). *Facies* 47: 201-76.

Forke, H.C. 2007. Taxonomy, systematics, and stratigraphic significance of fusulinoidean holotypes from Upper Carboniferous sediments (Auernig Group) of the Carnic Alps (Austria, Italy). In *Proceedings of the XV Intern. Cong. on Carboniferous and Permian Stratigraphy. Utrecht, 10-16 August 2003*, cur. Th. E. Wong, 259-68. Amsterdam: Royal Dutch Academy of Arts and Sciences.

Forke, H.C. 2009. Late Paleozoic of the Carnic Alps: Stratigraphy, Paleogeography and Geodynamic Evolution from Variscan to Alpine cycles. In *Paleozoic Seas Symposium, 14-18 Sept. 2009*, 29-30. Ber. des Inst. für Erdwissen., Karl-Franzens-Univ. Graz 14.

Forke, H.C., & E. Samankassou. 2000. Biostratigraphical correlation of Late Carboniferous (Kasimovian) sections in the Carnic Alps (Austria/Italy): Integrated paleontological data, facies, and discussion. *Facies* 42: 177-210,.

Forke, H.C., F. Kahler & K. Krainer. 1998. Sedimentology, Microfacies and Stratigraphic Distribution of Foraminifers of the Lower Pseudoschwagerina Limestone (Rattendorf Group, Late Carboniferous), Carnic Alps (Austria/Italy). *Senckenberg. Lethaea* 78 (1/2): 1-39.

Forke, H.C., H.P. Schönlaub & E. Samankassou. 2006. Late Paleozoic of the Carnic Alps (Austria/Italy), *Field Trip of the SCCS Task Group to establish GSSP's close to the Moscovian/ Kasimovian and Kasimovian/ Gzhelian boundaries, 31. July-01. August 2006,* 1-57. Ber. Geol. B.-A. 70.

Forke, H.C., M. Novak & M. Vrabec. 2008. Implication of facies relationships of Upper Carboniferous/Lower Permian sediments in the Southern Alps (Carnic Alps/ Karavanke Mts.) for Late Paleozoic paleogeography and Neogene tectonics. *Abstracts Pangeo 2008*. Jour. of Alpine Geol. 49.

Fritz, A. 1976. Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der Karnischen Alpen [Kärnten]. *Carinthia II* 166/86: 175-96.

Fritz, A., H.P. Schönlaub & M. Boersma. 1986. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986. Beitrag 12: Eine Oberstefan-Flora aus den „Grenzlandbänken" der Treßdorfer Alm (Karnische Alpen, Naßfeld). *Carinthia II* 176/96: 125-33.

Fritz, A., & M. Boersma. 1980. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1980, Beitrag 1: Pflanzliche Großreste aus dem Oberkarbon der Krone, Karnische Alpen. *Carinthia II* 170/90: 221-38.

Fritz, A., & M. Boersma. 1981. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1981, Beitrag 2: Pflanzengroßreste aus dem Stefan (Oberkarbon) der Schulter, Karnische Alpen. *Carinthia II* 171/91: 387-414.

Fritz, A., & M. Boersma. 1982. Revision pflanzlicher Großreste aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen: Sammlung Höfer 1869. *Carinthia II* 172/92: 109-52.

Fritz, A., & M. Boersma. 1983a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten, Beitrag 3: Pflanzengroßreste aus dem Stefan (Oberkarbon) der Schulter, Karnische Alpen (Nachtrag 1981). *Carinthia II* 173/93: 19-27.

Fritz, A., & Boersma, M. 1983b. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1983, Beitrag 5: Beschreibung der Pflanzengroßreste aus dem Stefan des Rudnigsattels,1900 m NN, Karnische Alpen. *Carinthia II* 173/93: 315-37.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984, Beitrag 6: Ofenalm (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 9-20.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984b. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984, Beitrag 7: Schlanitzer Almweg (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 21-35.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984c. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984, Beitrag 8: Grenzlandbänke (Rudnigsattel, Unterperm), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 59-60.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984d. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984, Beitrag 9: Krone (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 1974/94: 145-75.

Fritz, A., & M. Boersma. 1985. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984, Beitrag 10: Watschiger Alm (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 175/95: 311-34.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986, Beitrage 11: Tomritschrücken (Unterstefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 176/96: 69-85.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986c. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986, Beitrag 13: Zollnersee (Unterstefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 1976/96: 147-65.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986d. Fundberichte über Pflanzenfossilienaus Kärnten 1986, Beitrag 14: Hütten-graben (Oberstefan), Rattendorfer Alm, Karnische Alpen. *Carinthia II* 176/96: 241-62.

Fritz, A., H.P. Schönlaub, & M. Boersma. 1986. Fundbericht über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986. Beitrag 12: Eine Oberstefan-Flora aus den „Garnitzenbänken" der Treßdorfer Alm (Karnische Alpen, Naßfeld). *Carinthia II* 176/96: 125-33.

Fritz, A., M. Boersma & K. Krainer. 1990. Steinkohlenzeitliche Pflanzenfossilien aus Kärnten. *Carinthia II*, *Sond.* 49: 1-189.

Fritz, A., & K. Krainer. 1993. Eine neue Megaflora aus dem Stefan der Kronalpe. *Carinthia II* 183/103: 485-517.

Fritz, A., & K. Krainer. 1994. Die Megaflora „Garnitzenberg-Südost alpha" aus der Auernig-Schichtgruppe der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 184/104: 441-65.

Fritz, A., & K. Krainer. 1995. Die Megafloren Tomritsch-3 und Tomritsch-6 aus den oberkarbonen Auernigschichten der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 185/105: 553-83.

Fritz, A., & K. Krainer. 2004. Pflanzenfossilien aus den Grenzlandbänken der RattendorferAlm (Kärnten, Karnische Alpen). *Carinthia II* 194/114: 445-54.

Fritz, A., & K. Krainer. 2006. Vegetationsgeschichtlich e und florenstratigraphische Untersuchungen im Oberkarbon und Unterperm der Ost- und Südalpen (Teil 1). *Carinthia II* 196/116: 93-120.

Fritz, A., & K. Krainer. 2007. Vegetationsgeschichtliche und florenstratigraphische Untersuchungen im Oberkarbon und Unterperm der Ost- und Südalpen (Teil 2). *Carinthia II* 197/117: 91-148.

Gedik, I. 1969. Karnik Alpler'der Alt Karbonifere ait conodontlar. *Maden Tetkik ve Arama Enstitusu* 70: 229-42.

Gedik, I. 1974. Conodonten aus dem Unterkarbon der Karnischen Alpen. *Ber. Geol. B.-A* 31: 1- 43.

Gietl, R. 2017. Konfliktarchäologie des Ersten Weltkrieges im Hochgebirge. Neue Methoden. In *Der Wilde Westen der Karnischen Alpen*, 102-13. Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten.

Glawe, U., & M. Moser. 1989. Erste Untersuchungsergebnisse zur Kinematik der Bergzerreißung Treßdorfer Höhe (KarnischeAlpen). *Jahrb. Geol. B.-A.* 132 (4): 629-44.

Gnoli, M., & K. Histon. 1998. Silurian nautiloid cephalopods from the Carnic Alps: a preliminary investigation. *Boll. Soc. Paleont. It.* 36: 311-30.

Göddertz, B. 1982. *Zur Geologie und Conodonten stratigraphie der Rauchkofelböden und des Rauchkofel in den Zentralen Karnischen Alpen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, 1-88. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn.

Hahn, G., & Hahn, R. 1987. Trilobiten aus dem Karbon von Nötsch und aus den Karnischen Alpen Österreichs. *Jahrb. Geol. B.-A.* 129: 567-619.

Hahn, G., & Kratz, R. 1992. Eine Trilobiten-Fauna des tieferen Wassers aus dem Unterkarbon der Karnischen Alpen (Österreich) - Vorläufige Mitteilung. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 217-24.

Hammarlund, E.U., T.W. Dahl, D.A.T. Harper, D.P.G. Bond, A.T. Nielsen, C.J. Bjerrum, N.H. Schovsbo, H.P. Schönlaub, J.A. Zalasiewicz, & D.E. Canfield. 2012. A sulfidic driver for the end-Ordovician mass extinction. *Earth and Planet. Sc. Letters* 331-332: 128-39.

Harper, D.A.T., K. Histon & H.P. Schönlaub. 2009. Late Ordovician, deep-water *Foliomena* brachiopod fauna from Cellon, Carnic Alps. In *53rd Annual Meeting of the Palaeontological Association, Birmingham, December 2009*, 53. Birmingham.

Havlíèek, V., J. Køíž & E. Serpagli. 1987. Upper Ordovician brachiopod assemblages of the Carnic Alps, Middle Carinthia and Sardinia. *Boll. Soc. Paleont. It.* 25: 277-311.

Heger, B. 1986. *Geologische Kartierung des Cellon-Sattels östlich des Passo di Monte Croce Carnico im Gebiet Pizzo di Timau - Crete del Mezzodi (Karnische Alpen/Italien)*. Diplomarbeit, 1-46. Berlin: FU.

Heinisch, H. 1981. Zum ordovizischen „Porphyroid-Vulkanismus" der Ost- und Südalpen, Stratigraphie, Petrographie, Geochemie. *Jahrb. Geol. B.-A.*124: 1-109.

Hermann, E. 2017. Die Obstanser Eishöhle in den Karnischen Alpen, Osttirol. *Die Höhle* 78: 40-58.

Herzog, U. 1983. Zur Gewinnung von Conodonten aus Lyditen und zur zeitlichen Basis des Hochwipfel-Karbon im Gebiet des Poludnig (Östliche Karnische Alpen). *Carinthia II* 173/93: 363-9.

Herzog, U. 1988. Das Paläozoikum zwischen Poludnig und Oisternig in den Östlichen Karnischen Alpen. *Carinthia II*, *Sond.* 47: 1-123.

Himml, M. 1989. *Das Paläozoikum zwischen Raabbachtal und Winklerbachtal, Karnische Alpen, Österreich*. Diplomarbeit, 1-62. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Hinderer, M. 1989. *Sedimentologie und Vulkanismus des Paläozoikums südlich St. Lorenzen/Lesachtal unter besonderer Berücksichtigung der Fleonsformation (westliche Karnische Alpen/Österreich/Italien)*. Diplomarbeit, 1-198+ Geologische Karte Gebiet um Raudenspitz und Monte Chiadenis, westliche Karnische Alpen 1:10.000, Tübingen.

Hinderer, M. 1992. Die vulkanoklastische Fleonsformation in den westlichen Karnischen Alpen. Sedimentologie, Petrographie und Geochemie. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 335-79.

Histon, K. 1999. Revision of the Silurian Nautiloid Cephalopods from the Carnic Alps (Austria). The Heritsch (1929) Collection in the Geological Survey of Austria. In *Geologie ohne Grenzen-Festschrift 150 Jahre*, cur. H. Lobitzer & P. Grecula, 229-58. Abh. Geol. B.-A. 56.

Histon, K. 2000. Stop 5, Rauchkofel Boden Section. In *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond, Vienna, July 9-123, 2000. Field Trip Guidebook*, cur. C. Koeberl & H.P. Schönlaub, 91-8. Wien.

Histon, K. 2002. Telescoping in Orthoconic Nautiloids: an indication of high or low energy hydrodynamic regime? *Abh. Geol. B.-A.* 57: 431-42.

Histon, K. 2012a. The Silurian nautiloid-bearing strata of the Cellon section (Carnic Alps, Austria): Color variation related to events. *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 367-8: 231-55.

Histon, K. 2012b. Palaeoenvironmental and temporal significance of variably coloured Palaeozoic orthoconic nautiloid cephalopod accumulations. *Palaeo., Palaeo., Palaeo*. 367-368: 193-208.

Histon, K., & H.P. Schönlaub. 1999. Taphonomy, palaeoecology and bathymetric implications of the nautiloid fauna from the Silurian of the Cellon section (Carnic Alps, Austria). *Abh. Geol. B.-A.* 54: 259-74.

Histon, K., A. Ferretti & H.P. Schönlaub. 1999. Silurian cephalopod limestone sequence of the Cellon section, Carnic Alps, Austria. In *V International Symposium Cephalopods - Present and Past. Carnic Alps Excursion Guidebook*, cur. K. Histon, 46-54. Ber. Geol. B.-A. 47.

Histon, K., P. Klein, H.P. Schönlaub & W.D. Huff. 2007. Lower Palaeozoic K-bentonites from the Carnic Alps, Austria. *Aust. Jour. of Earth Sc. (Mitteil. der Österreich. Geol. Gesell.)* 100: 26-42.

Holser, W.T. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Sulfur, Organicand Microspherules. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 139-48. Abh. Geol. B.-A. 45.

Holser, W.T., H.P. Schönlaub & P. Klein. 1991. The Permian-Triassic Boundary in the Gartnerkofel Region of the Carnic Alps (Austria). Introduction. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 51-61. Abh. Geol. B.-A. 45.

Holser, W.T., H.P. Schönlaub, K. Boeckelmann, M. Magaritz. & C.J. Orth. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Canic Alps, Austria): Synthesis and Conclusions. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 213-32. Abh. Geol. B.-A. 45.

Holser, W.T., H.P. Schönlaub, M. Attrep Jr, K. Boeckelmann, P. Klein, M. Magaritz, C.J. Orth, A. Fenninger, C. Jenny, M. Kralik, H. Mauritsch, E. Pak, J.-M. Schramm, K. Stattegger & R. Schmöller. 1989. A unique geochemical record at the Permian/Triassic boundary. *Nature* 337, 6202: 39-44.

Holser, W.T., & H.P. Schönlaub, cur. 1991. The Permian-Triassic boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel region). *Abh. Geol. B.-A.* 45: 1-232.

Homann, W. 1968. *Lithofazielle, sedimentologische und mikropaläontologische Untersuchungen in den Unteren Pseudoschwagerinenkalken (UPK) (Rattendorfer Schichten; Unterperm) der Typuslokalität (Rattendorfer Alm und Treßdorfer Höhe); Karnische Alpen, Österreich*. Unpublished Diploma Thesis. Darmstadt: Technical University of Darmstadt.

Homann, W. 1969. Fazielle Gliederung der Unteren Pseudoschwagerinenkalke (Unter-Perm) der Karnischen Alpen. *Neues Jahrb. für Geol. und Paläont., Monatshefte* 1969 (5): 265-80.

Homann, W. 1970. *Litho- und biofazielle Gliederung der Rattendorfer Schichten (Rattendorfer Stufe, Unter-Perm) in den Karnischen Alpen, unter besonderer Berücksichtigung der Kalkalgen-Flora und der Korallen-Fauna*. Unpublished Doctoral Thesis, 1-206. Darmstadt.

Homann, W. 1971. Korallen aus dem Unter- und Mittelperm der Karnischen Alpen. Festschrift Kahler. *Carinthia II*, *Sond.* 28: 97-143.

Homann, W. 1972. Unter- und tief-mittelpermische Kalkalgen aus den Rattendorfer Schichten, dem Trogkofel-Kalk und dem Treßdorfer-Kalk der Karnischen Alpen (Österreich). *Senckenberg. Lethaea* 53: 135-313.

House, M.R., & J.D. Price,. 1980. Devonian ammonoid faunas of the Carnic Alps. Carnic Alps. Field Trip A. In *Second European Conodont Symposium (ECOS II), Guidebook, Abstracts*, cur. H.P. Schönlaub, 14-5. Abh. Geol. B.-A. 35.

Hubmann, B., S. Pohler, H.P. Schönlaub & F. Messner. 2003. Paleozoic Coral-Sponge Bearing Successions in Austria. Ber. Geol. B.-A. 61: 1-91.

Hubich, D. 1992. *Petrographie und Geochemie der Vulkanite und Klastika am Obstanser See (westliche Karnische Alpen, Österreich/Italien)*. Diplom-Arbeit, 1-76. Tübingen: Geowissenschaftliche Fakultät Universität Tübingen.

Hubich, D. 2000. Geodynamische Entwicklung der Karnischen Alpen. *Tübinger Geowissen. Arbeit* A58: 1-101.

Hubich, D., & J. Loeschke. 1993. Der Comelico-Porphyroid der westlichen Karnischen Alpen (Österreich/Italien): Stratigraphie, Petrographie, Geochemie und Zirkonmorphologie. *Jahrb. Geol. B.-A.* 136: 351-74.

Hubich, D., J. Loeschke & H. Reiff. 1993. Geologie der westlichen Karnischen Alpenzwischen Porze und Eisenreich (Österreich/Italien) unter besonderer Berücksichtigung der Fleons formation. *Jahrb. Geol. B.-A.* 136: 375-91.

Hubich, D., & J. Loeschke. 1995. Petrographie und Geochemie von Intrusivgesteinen der westlichen Karnischen Alpen (Obstanser See-Passo Silvella, Österreich/Italien). *Jahrb. Geol. B.-A.* 138: 309-19.

Hüneke, H. 2001. Vergleichsstudie II: Valentin-Kalk und Pal-Kalk in den Karnischen Alpen. In *Gravitative und strömungsinduzierte Resedimente devonischer Karbonatabfolgen im marokkanischen Zentralkmassiv (Rabat-Tiflet-Zone, Decke von Ziar-Mrirt)*, 1-230. 173. Habilitationsschrift, Universität Greifswald.

Huneke, H. 2006. Erosion and deposition from bottom currents during the Givetian and the Frasnian: Response to intensified oceanic circulation between Gondwana and Laurussia. *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 234: 146-67.

Hunger, G. 1984. *Zur Geologie des Hochwipfelflysches zwischen Collina und dem Plöckenpass in den Zentralen Karnischen Alpen*. Unpublished Diploma Thesis, 1-67. Bonn: Rhein. Friedrich-Wilhelm-Univ. Bonn.

Jaeger, H. 1975. Die Graptolithenführung im Silur/Devon des Cellon-Profils (Karnische Alpen). *Carinthia II* 165/85: 111-26.

Jaeger, H., & H.P. Schönlaub. 1970. Ein Beitrag zum Verhältnis Conodonten-Parachronologie/Graptolithen-Or- thochronologie im älteren Silur. *Anz. Österreich. Akad. der Wissen., Mathematisch.–naturwissen. Klasse* 1970: 85-90.

Jaeger, H., & H.P. Schönlaub. 1977. Das Ordoviz/Silur-Profil im Nölblinggraben (Karnische Alpen, Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1977: 349-59.

Jaeger, H., & H.P. Schönlaub. 1980. Silur und Devon nördlich der Gundersheimer Alm in den Karnischen Alpen (Österreich). *Carinthia II* 170/90: 403-44.

Jaeger, H. 1976. Das Silur und Unterdevon vom thüringischen Typ in Sardinien und seine regional geologische Bedeutung. *Nova Acta Leop., N.F.* 45: 263-99.

Jaeger, H., & P. Pölsler. 1968. Bericht über die geologische Aufnahme des Findenigkofels (Monte Lodin) in den Karnischen Alpen (Kärnten). *Anz. Österreich. Akad. der Wissen., Mathematisch.-naturwissen. Klasse* 1968: 149-55.

Jaeger, H., V. Havlíèek & H.P. Schönlaub. 1975. Biostratigraphie der Ordoviz/Silur-Grenze in den Südalpen - Ein Beitrag zur Diskussion um die Hirnantia Fauna. *Verh. Geol. B.-A.* 1975: 271-89.

Jenny-Deshusses, C. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Foraminifera and Algae of the Core and the Outcrop Section. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 99-108. Abh. Geol. B.-A.

Jeppsson, L., J.A. Talent. R. Mawson, A. Andrew, C. Corradini, A.J. Simpson, J. Wigforss-Lange & H.-P. Schönlaub. 2012. Late Ludfordian correlations and the Lau Event. In *Earth and Life, International Year of Planet Earth*, cur. J.A. Talent, 653-75. Springer Verlag.

Jhaveri, R.B. 1969. Unterdevonische Gastropoden aus den Karnischen Alpen. *Palaeontogr. Abteilung* A, 133: 146-76.

Joachimski, M.M., W. Buggisch & T. Anders. 1994. Mikrofazies, Conodontenstratigraphie und Isotopengeochemie des Frasne-Famenne-Grenzprofils Wolayer Gletscher (Karnische Alpen). *Abh. Geol. B.-A.* 50: 183-95.

Kabon, H., & H.P. Schönlaub. 2019. Das geologische Geheimnis der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich/Italien). *Ver. des Naturwissen. Vereins für Kärnten*, 1-160.

Kahler, F. 1971. Die Überlagerung des variszischen Gebirgskörpers der Ost- und Südalpen durch jungpaläozoische Sedimente. *Zeitsch. der Deut. Geol. Gesell.* 122: 137-43.

Kahler, F. 1972. Das Perm der Karnischen Alpen. *Verh. Geol. B.-A.* 1972: 139-41.

Kahler, F. 1973. Beiträge zur Kenntnis der Fusuliniden der Ostalpen: Die Gattung *Quasifusulina* in den Karnischen Alpen. *Palaeontogr., Abteilung A* 141: 154-73.

Kahler, F. 1980a. Die Definition der Trogkofelstufe. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur. E. Flügel, 255-8. Carinthia II, Sond. 36.

Kahler, F. 1980b. Zur Definition der Saalischen Phase im marinen Bereich der Südalpen. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur. E. Flügel, 259-60. Carinthia II, Sond. 36.

Kahler, F. 1983a. Fusuliniden aus Karbon und Perm der Karnischen Alpen und der Karawanken. *Carinthia II, Sond.* 41, 1-107.

Kahler, F. 1983b. Ein denkbares Standardprofil für die Grenze Oberkarbon/Unterperm im marinen Bereich. *Anz. Österreich. Akad. der Wissen., Mathematisch.-naturwissen. Klasse* 1982: 45-6.

Kahler, F. 1984. Ein Vergleich der Fusuliniden-Fauna des Oberkarbon und Unterperm der Ostalpen mit dem Dongebiet (UdSSR). *Mitteil. der Geol. Gesell. in Wien* 77: 247-61.

Kahler, F. 1985. Oberkarbon und Unterperm der Karnischen Alpen. Ihre Biostratigraphie mit Hilfe der Fusuliniden. *Carinthia II, Sond.* 42: 1-93.

Kahler, F. 1986a. Ein Normalprofil der Fusuliniden Stratigraphie im Oberkarbon und Unterperm der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 96: 1-17.

Kahler, F. 1986b. Eine neue Fusuliniden-Gemeinschaft in tiefen Oberkarbon-Schichten der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 96: 425-41.

Kahler, F. 1989. Die Fusuliniden. In *Catalogus Fossilium Austriae, Vol. II/B/1: Foraminifera Palaeozoica, 87-272, Register (F. Ebner)*, cur. F. Ebner & F. Kahler, 273-95. Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften.

Kahler, F. 1992. Beziehungen der Fusuliniden der Karnischen Alpen zur Paläotethys. *Mitteil. Geol. Gesell.* 84: 309-26.

Kahler, F. 1997. Franz Kahler (1900-1995) Bemerkungen und Wünsche mit einem optimistischen Ausblick; Letzte Gedanken - schriftlich niedergelegt im Juli 1995. Reviewed by Holger Forke. *Carinthia II* 187: 25-8.

Kahler, F., & G. Kahler. 1966-67. *Fossilium Catalogus I; Animalia Fusulinida (Foraminiferida), part 1-4.*, 1-934. s'Gravenshage: Junk.

Kahler, F., & G. Kahler. 1980. Fusuliniden aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur. E. Flügel, 183-254. Carinthia II, Sond. 36.

Kahler, F., & G. Kahler. 1982. Beiträge zur Kenntnis der Fusuliniden der Ostalpen: Oberkarbonische Fusuliniden der Karnischen Alpen. *Palaeontogr., Abt. A.* 177: 89-128.

Kahler, F., & G. Kahler. 1993. The Schulterkofel Section in the Carnic Alps, Austria: Implications for the Carboniferous-Permian Boundary. *Facies* 28: 257-76.

Kaiser, S.I. 2005. *Mass extinctions, climatic and oceanographic changes at the Devonian-Carboniferous boundary*. Thesis, 1-156. Bochum: Ruhr-University Bochum, Faculty of Earth Sciences.

Kaiser, S.I. 2007. Conodontenstratigraphie und Geochemie ($\delta^{13}C_{carb}$, $\delta^{13}C_{org}$, $\delta^{18}O_{phosph}$) aus dem Devon/Karbon-Grenzbereich der Karnischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 146: 301-14.

Kaiser, S., & C. Corradini. 2011. The early Siphonodellids (Conodonta, Late Devonian-Early Carboniferous): overview and taxonomic state. *Neues Jah. für Geol. und Paläont., Abhand.* 261: 19-35.

Kaiser, S.I., T. Steuber, R.T. Becker & M.M. Joachimski. 2006. Geochemical evidence for major environmental change at the Devonian-Carboniferous boundary in the Carnic Alps and the Rhenish Massif. *Palaeo., Palaeo., Palaeo.* 240 (1-2): 146-60.

Kaiser, S.I., T. Steuber & R.T. Becker. 2008. Environmental change during the Late Famennian and Early Tournaisian (Late Devonian-Early Carboniferous): implications from stable isotopes and conodont biofacies in southern Europe. *Geol. Jour.* 43: 241-60.

Kaiser, S.I., T. Becker, C. Spalletta & T. Steuber. 2009. High-resolution conodont stratigraphy, biofacies, and extinction around the Hangenberg Event in pelagic successions from Austria, Italy and France. In *Studies in Devonian Stratigraphy: Proceedings of the 2007 International Meeting of the Subcommission on Devonian Stratigraphy and IGCP 499*, cur. D.J. Over, 99-143. Palaeontogr. Americana 63.

Kaiser, S.I., M. Aretz & R.T. Becker. 2015. The global Hangenberg Crisis (Devonian-Carboniferous transition)

- review of a first order mass extinction. In *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events*, cur. R.T. Becker, P. Königshof & C.E. Brett, 1-51. London: Geological Society of London, Sp. Publ. 423.

Kaiser, S.I., M.M. Joachimski & S. Hartenfels. 2017. First evidence for a carbon isotope excursion in the *expansa* Zone (upper/uppermost Famennian) in Franconia (Germany) understanding palaeoenvironmental changes during pre-Hangenberg Event times. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie* 109: 1-55.

Kaiser, S.I., T. Kumpan & M.W. Rasser. 2019. High-resolution conodont biostratigraphy in two key-sections from the Carnic Alps (Grüne Schneid) and Graz Paleozoic (Trolp) - implications for the biozonation concept at the Devonian-Carboniferous boundary. *Newsletter on Stratigraphy*, 1-26. DOI: 10. 1127/nos/2019/0520.

Kalde, C. 1987. *Geologische Kartierung im Gailtal, Kartenblatt ÖK 50/195, Karnische Alpen, Österreich*. Diplom., 1-55. Aachen: Kartierung Institut Geologie u. Paläontologie RWTH.

Kido, E., T.J. Suttner, L. Simonetto, M.G. Corriga, C. Corradini, M. Pondrelli & G. Muscio. 2012. Carboniferous-Permian sequence of Nassfeld area (Carnic Alps, Austria-Italy). *Berichte des Institutes für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz* 17: 71-82.

Kido, E., S.M.L. Pohler, M. Pondrelli, H.-P. Schönlaub, L. Simonetto, C. Spalletta, C. & T.J. Suttner. 2015. Kellergrat Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 101-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Klein, P. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Geochemistry of Common and Trace Elements I-ICP, AAS and LECO. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 109-21. Abh. Geol. B.-A. 45.

Kodsi, M.G. 1971. Korallen aus dem Unterdevon der Karnischen Alpen. *Verh. Geol. B.-A.* 1971: 576-607.

Kolb, T. 1986. Diplomkartierung 1985, Kartiergebiet: Westliche Karnische Alpen (SW Obtilliach). *Zwischen. Geol. B.-A.* 1-7.

Korn, D. 1992. Ammonoideen aus dem Devon/Karbon-Grenzprofil an der Grünen Schneid (Karnische Alpen, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 7-19.

Kozur, H., K. Krainer & D. Lutz. 1994. Middle Triassic conodonts from the Gartnerkofel-Zielkofel area, Carnic Alps (Carinthia, Austria). *Jahrb. Geol. B.-A.* 137: 275-87.

Kraft, W. 1993. *Sedimentär induzierte Zyklen im Unterperm der Karnischen Alpen (Kärnten, Österreich).* Unpublished Diploma Thesis, 1-100. Erlangen.

Krainer, K. 1989. Das Karbon in Kärnten. *Carinthia II* 179/99: 59-109.

Krainer, K. 1990a. The limestone facies of the A4 and A5 Formations (Auernig Group). In *Field Workshop on Carboniferous to Permian sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps),* cur. C. Venturini, 76-80. Bologna: Università di Bologna.

Krainer, K. 1990b. Die basalen Auernigschichten am Tomritsch-Rücken südlichvon Tröpolach (Oberkarbon, Karnische Alpen, Kärnten). *Jahrb. Geol. B.-A.* 133: 567-74.

Krainer, K. 1991. The limestone facies of the Auernig and Carnizza Formations (Auernig Group, Pontebba Supergroup, Carnic Alps). *Giorn. Geol.* s. 3a, 53: 161-9.

Krainer, K. 1992. Fazies, Sedimentationsprozesse und Paläogeographie im Karbon der Ost- und Südalpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135/1: 99-193.

Krainer, K. 1993. Das Perm in Kärnten. *Carinthia II* 183/103: 133-80.

Krainer, K. 1995a. Kurzer Bericht über sedimentologisch-stratigraphische Untersuchungen im Jungpaläozoikum (Auernig- und Rattendorfer Schichtgruppe) der Karnischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 138: 579-725.

Krainer, K. 1995b. *Anthracoporella* Mounds in the Late Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria). *Facies* 33: 195-214.

Krainer, K. 2007. Late Paleozoic reef mounds of the Carnic Alps (Austria/Italy). *Geobios* 40 (5): 625-43.

Krainer, K. 2012. High-frequency siliciclastic-carbonate cycles in the Lower Permian Grenzland Formation (Rattendorf Group, Carnic Alps), Austria/Italy. In *29th IAS Meeting of Sedimentology, Sept. 2012, Schladming* (abstract).

Krainer, K., E. Flügel, D. Vachard & M. Joachimski. 2003. A close look at Late Carboniferous algal mounds: Schulterkofel, Carnic Alps, Austria. *Facies* 49: 325-50.

Krainer, K., & V.I. Davydov. 1998. Facies and biostratigraphy of the Late Carboniferous/Early Permian sedimentary sequence in the Carnic Alps (Austria/Italy). In *Peri-Tethys: stratigraphic correlations 2*, cur. S. Crasquin Soleau, A. Izart, D. Vaslet & P. Dewever, 643-62. Geodiversitas 20.

Krainer, K., & D. Lutz. 1995. Middle Triassic Basin Evolution and Stratigraphy in the Carnic Alps (Austria). *Facies* 33: 167-84.

Krainer, K., D. Sanders & M. Schaffhauser. 2009. Early Permian shelf margin retreat and carbonate deposition, Zweikofel massif, Carnic Alps (Austria). *Aust. Jour. of Earth Sc.* 102 (2): 134-48.

Krainer, K., & M. Schaffhauser. 2012. The type section of the Lower Permian Zweikofel Formation (Rattendorf Group; Carnic Alps, Austria). *Aust. Jour. of Earth Sc.* 105 (3): 61-79.

Krainer, K., & D. Vachard. 2007a. Gzhelian *Anthracoporella* mounds, Carnic Alps, Austria. In *Facies from Palaeozoic reefs and bioaccumulations*, cur. E. Vennin, M. Aretz, F. Boulvain & A. Munnecke, 283-6. Mém. Muséum National d'Histoire Naturelle 195, Paris: Publications Scientifiques du Muséum.

Krainer, K., & D. Vachard. 2007b. Sakmarian-Artinskian *Shamovella* (= *Tubiphytes*)-*Archaeolithoporella* mounds, Carnic Alps. In *Facies from Palaeozoic reefs and bioaccumulations*, cur. E. Vennin, M. Aretz, F. Boulvain & A. Munnecke, 291-4. Mém. Muséum National d'Histoire Naturelle, 195, Paris: Publications Scientifiques du Muséum.

Krainer, K., & D. Vachard. 2014. Late Viséan (MFZ 14) foraminifers and algae from the Kirchbach Limestone (Carnic Alps) and geological implications. *Facies* 61: 418-41.

Krainer, K., D. Vachard & M. Schaffhauser. 2019a. Yakhtashian (Artinskian - Early Kungurian) foraminifers and microproblematica from the Carnic Alps (Austria/Italy). *Abh. Geol. B.-A.* (in print).

Krainer, K., D. Vachard & M. Schaffhauser. 2019b. Yakhtashian (Artinskian - Early Kungurian) cyanobacteria and calcareous algae from the Carnic Alps (Austria/Italy). *Palaeontologia Electronica* (in print).

Kralik, M. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Strontium Isotopes. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 169-174. Abh. Geol. B.-A. 45.

Kratz, R. 1987. *Bericht 1986 über geologisch-paläontologische Aufnahmen im Paläozoikum des Hochwipfel-Gebietes auf Blatt 198, Weissbriach, bzw. des Kronhofgrabens auf Blatt 197*, Kötschach. 1-3 S., Marburg.

Kratz, K.R. 1989. *Zur Systematik und Verbreitung von Liobolina (Trilobita, Unter-Karbon). Erläuterungen zur Geologie zwischen Schulterkofel und Kirchbacher Wipfelalm, Östliche Karnische Alpen, Österreich.* Diplomarbeit Teil 1 und 2, 1-70, 1-67. Marburg/Lahn.

Kreutzer, L.H. 1990. Mikrofazies, Stratigraphie und Paläogeographie des Zentralkarnischen Hauptkammes zwischen Seewarte und Cellon. *Jahrb. Geol. B.-A.* 133: 275-343.

Kreutzer, L.H. 1992a. Photoatlas zu den variszischen Karbonat-Gesteinen der Karnischen Alpen (Österreich/Italien). *Abh. Geol. B.-A.* 47: 1-129.

Kreutzer, L.H. 1992b. Palinspastische Entzerrung und Neugliederung des Devons in den Zentralkarnischen Alpen aufgrund von neuen Untersuchungen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 134: 261-72.

Kreutzer, S. 1987. *Das Paläozoikum südlich von Obertilliach, Karnische Alpen (Österreich).* Diplomarbeit, 1-49. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Krings, S. 1986. *Gebiet zwischen dem Winklerbachtal und Rollertal, Karnische Alpen, Österreich.* Diplomarbeit, 1-40. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Kristan-Tollmann, E. 1971. Revision der altpaläozoischen Sorosphaeren (Foram.). *Neues Jahrb. Geol. Paläont., Monatshefte* 1971: 171-80.

Køíž, J. 1974. New genera of Cardiolidae (Bivalvia) from the Silurian of the Carnic Alps. *Vestnik Ustredni Ustav Geologicky* 49: 171-6.

Køíž, J. 1979. Silurian Cardiolidae (Bivalvia). *Sbornik geologicky ved. (Jour. Geological Sciences), Paleontologie* 22: 1-160.

Køíž, J. 1999. Silurian and lowermost Devonian bivalves of Bohemian type from the Carnic Alps. In *Geologie ohne Grenzen-Festschrift 150 Jahre Geologische Bundesanstalt*, cur. H. Lobitzer & P. Grecula, 259-316. Abh. Geol. B.-A. 56.

Køiž, J., J.M. Degardin, A. Ferretti, W. Hansch, J.C. Gutiérrez Marco, F. Paris, J.M. Piçarra, D'Almeida, M. Robarded & H.P. Schönlaub. 2003. Silurian Stratigraphy and Paleogeography of Gondwanan and Perunican Europe. In *Silurian Land and Seas, Paleogeography outside Laurentia. Proceedings of the James Hall Symposium Rochester, August 1966*, cur. E. Landing & M.E. Johnson, 105-78. New York State Bulletin 493.

Kumpan, T., O. Bábek, J. Kalvoda, J. Frýda, & T. Matys Grygar. 2014. A high-resolution, multiproxy stratigraphic analysis of the Devonian-Carboniferous boundary sections in the Moravian karst (Czech Republic) and a correlation with the Carnic Alps (Austria). *Geological Magazine* 151 (2): 201-15.

Kumpan, T., S. Kaiser, M. Joachimski & M. Rasser. 2018. Conodont biostratigraphy and geochemistry of pelagic Devonian-Carboniferous boundary successions at Trolp (Graz Paleozoic) and Grüne Schneid (Carnic Alps). In *The Fossil Week, 5th International Palaeontological Congress, July 9th to 13th, 2018, Abstract Book*, 828. Paris.

Küster, P. 1987. Nachweis von Frasnium durch *Scruttonia julli* (Pedder, 1986) in den Flachwasserkalken der zentralen Karnischen Alpen. *Münster. Forsch. Geol., Paläon.* 66: 33-56.

Läufer, A. 1996. Variscan and Alpine tectonometamorphic evolution of the Carnic Alps (Southern Alps) - structural analysis illite crystallinity, K-Ar and Ar-Ar geochronology. *Tübinger Geowissen. Arbeiten* A26: 1-102.

Läufer, A.L., W. Frisch, G. Steinitz & J. Loeschke. 1997. Exhumed fault-bounded Alpine blocks along the Periadriatic lineament: the Eder unit (Carnic Alps, Austria). *Geolog. Rund.* 86: 612-26.

Läufer, A., J. Loeschke & B. Vianden. 1993. Die Dimon-Serie der Karnischen Alpen (Italien) - Stratigraphie, Petrographie und geodynamische Interpretation. *Jahrb. Geol. B.-A.* 136 (1): 137-62.

Läufer, A., D. Hubich & J. Loeschke. 2001. Variscan geodynamic evolution of the Carnic Alps (Austria/Italy). *Intern. Jour. of Earth Sc. (Geol. Rund.)* 90: 855-70.

Langer, W. 1969. Foraminiferen aus dem Alt-Paläozoikum der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 159/79: 34-60.

Larue, J. 1985. *Schichtenfolge und geologische Struktur der Karnischen Alpen zwischen Raabtal und Schulterhöhe, Österreich*. Diplomarbeit, 1-51, Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Lederer, S. 2017. Zur Alpingeschichte der Karnischen Alpen (dt., engl., it.). In *Im Herzen der Karnischen Alpen. Alpingeschichte, Gebirgskrieg, Geologische Kostbarkeiten (Deut., Engl., Ital.),* cur. H.P. Schönlaub, 6-29. Kötschach-Mauthen: Sektion Obergailtal-Lesachtal, Österreichischen Alpenvereins (Sonderausgabe „Blickpunkt").

Leditzky, H.P. 1973. Die stratigraphische Gliederung des Gebietes zwischen Zollnerhöhe und Zollnersee in den Karnischen Alpen (Österreich). *Carinthia II* 163/83: 169-77.

Leppig, U., H.C. Forke, M. Montenari & B. Fohrer. 2005. A three- and two-dimensional documentation of structural elements in Schwagerinids (superfamily Fusulinoidea) exemplified by silicified material from the Upper Carboniferous of the Carnic Alps (Austria/Italy): a comparison with verbeekinoideans and alveolinids. *Facies* 51: 541-53.

Lieberman, H.M. 1978. Carnitza Formation - ein neur Begriff für ober Karnische Beckenkalke der Südlichen Kalkalpen bei Raibl (Cave del Predil, Italien). *Mitteil. Gesellschaft Geol. und Bergbau. Österreich* 25: 35-60.

Lieberman, H.M. 1982. Aufnahmsbericht 1982 Bl. 199 Hermagor. *Geologische Bundesanstalt* 1-2.

Loeschke, H., & H. Heinisch. 1993. Palaeozoic Volcanism of the Eastern Alps and its Palaeotectonic Significance. In *Pre- Mesozoic Geology in the Alps*, cur. J.F. von Raumer & F. Neubauer, 441-5. Springer Verlag.

Lotter, M., & M. Moser. 2007. Die Massenbewegungen der Naßfeldregion. *Abh. Geol. B.-A.* 61: 159-73.

Luppold, F.W. 1994. Conodontenfunde aus dem Oberkarbon des Roßkofel (Karnische Alpen, Italien). *Neues Jahr.Geol. und Paläont. Monatshefte*, 1994/9: 537-40.

Mader, D., & F. Neubauer. 2004. Provenance of Palaeozoic sandstones from the Carnic Alps (Austria): petrographic and geochemical indicators. *Inter. Jour. of Earth Sc. (Geol. Rund.)* 93: 262-81.

Mader, D., F. Neubauer & R. Handler. 2007. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of detrital white mica of Upper Paleozoic sandstones

in the Carnic Alps (Austria): implications for provenance and tectonic setting. *Geologica Carpathica* 58: 133-44.

Magaritz, M., & W.T. Holser. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Carbon and Oxygen Isotope Variation. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 149-67. Abh. Geol. B.-A. 45.

Manara, C., & G.B. Vai. 1970. La sezione e i conodonti del Costone Sud del M. Rauchkofel (Paleozoico, Alpi Carniche). *Giornale Geologia* 36: 441-514.

Martin, F. 1978. Sur quelques Acritarches Llandoveriens de Cellon (Alpes Carniques Centrales, Autriche). *Verh. Geol. B.-A.* 1978, 35-42.

Martin, E., B. Schmitz & H.P. Schönlaub. 2018. From the mid-Ordovician into the Late Silurian: Changes in the micrometeorite flux after the L chondrite parent breakup. *Meteoritics & Planetary Science* 2018: 1-17.

Massari, F. & C. Venturini. 1990. The significance of the Auernig Group cyclicity. In *Field Workshop on Carboniferous to Permian sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps)*, cur. C. Venturini, 81-6. Bologna: Università di Bologna.

Massari, F., M. Pesavento & C. Venturini. 1991. The Permian-Carboniferous cyclothems of the Pramollo Basin sequence (Carnic Alps). *Giorn. Geol.* s 3, 53 (1): 171-85.

Manzoni, M., C. Venturini & L. Vigliotti. 1989. Paleomagnetism of Upper Carboniferous limestones from the Carnic Alps. *Tectonophysics* 165: 73-80.

Mauritsch, H., & M. Becke. 1983. A magnetostratigraphic profile in the Permian (Gröden beds, Val Gardena Formation)of the Southern Alps near Paularo (Carnic Alps, Friuli, Italy). *IGCP-5 Newsletter* 5: 80-6.

Mehl, J.O., & S.U. Noé. 1990. Morphological investigations of Miliolidae (Foraminifera) from the Upper Permian of the Southern Alps, based on thin sections and stereoscopic X-ray microradiographs. *Paläont. Zeit.* 64 (3/4): 173-92.

Meli, S. 1998. Pre-Variscan volcanic activity in the Eastern Alps: the Southalpine porphyroids. *Schweiz. Mineral. und Petrol. Mitteil.* 78: 415-32.

Meli, S., & U.S. Klötzli. 2001. Evidence for Lower Paleozoic magmatism in Eastern Southalpine basement: Zircon geochronology from Comelico poryphroids. *Schweiz. Mineral. und Petrol. Mitteil.* 81: 147-57.

Moser, M., & U. Glawe. 1994. Das Naßfeld in Kärnten - geotechnischbetrachtet. *Abh. Geol. B.-A.* 50: 319-40.

Neubauer, F., U.S. Klötzli & P. Poscheschnik. 2001. Cadomian magmatism in the Alps recorded in Late Ordovician sandstones of the Carnic Alps: preliminary results from zircon Pb/Pb evaporation dating. *Schweiz. Mineral. und Petrol. Mitteil.* 81: 175-9.

Nienhaus, C. 1987. *Geologische Kartierung in den westlichen Karnischen Alpen (zwischen Vierschach und Sexten, Südtirol, Italien)*. Diplomarbeit, 1-39. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Noé, S.U. 1987. Facies and paleogeography of the marine Upper Permian and of the Permian-Triassic boundary in the Southern Alps (Bellerophon Formation, Tesero Horizon). *Facies* 16: 89-142.

Novak, M., H.C. Forke & H.P. Schönlaub. 2019. Field Trip C3: The Pennsylvanian-Permian of the Southern Alps (Carnic Alps/Karavanke Mts.), Austria/Italy/ Slovenia - fauna, facies and stratigraphy of a mixed carbonate-siliciclastic shallow marine platform along the northwestern Palaeotethys margin. *Kölner Forum Geol., Paläont.* 24: 251-302.

Obenholzer, J.H. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Petrography and Geochemistry of an Anisian Ash-Flow Tuff. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 37-51. Abh. Geol. B.-A. 45.

Oekentorp-Küster, P., & K. Oekentorp. 1992. Rugose Korallenfaunen des Mittel- und Ober-Devons der zentralen Karnischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 233-60.

Ortner, G., M. Tillian & H.P. Schönlaub. 2011. *Faszination Geologie - entlang von fünf Geotrails. Geotrail Wanderführer*, 1-81. Dellach/Gail: Geopark Karnische Alpen.

Pak, E., & W.T. Holser. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Sulfur Isotopes. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 165-7. Abh. Geol. B.-A. 45.

Pas, D., A.C. Da Silva, T. Suttner, E. Kido, P. Bultynck, M. Pondrelli, C. Corradini, D. De Vleeschouwer & F. Boulvain. 2014. Insight into the development of a carbonate platform through a multi-disciplinary approach: a case study from the Upper Devonian slope deposits of Mount Freikofel (Carnic Alps, Austria/Italy). *Inter. Jour. of Earth Sc. (Geol. Rund.)* 103: 519-38.

Pašava, J., & H.P. Schönlaub. 1999. Stratigraphy, geochemistry and origin of Silurian black graptolitic shales of the Carnic Alps (Austria). *Abh. Geol. B.-A.* 56 (1): 317-24.

Pasini, M., & Vai, G.B. 1997. Review and updating of the Moscovian to Artinskian marine rocks in peninsular Italy. In *Peri-Tethys Stratigraphic Correlations 1*, cur. S. Crasquin & P. De Wever, 187-91. Geodiversitas 19.

Perri, M.C., & C. Spalletta. 1998a. Updating of the conodont biostratigraphy in the Carnic Alps (Italy). In *Southern Alps Field Trip Guidebook, ECOS VII*, cur. M. V. Perri & C. Spalletta, 116-9. Giorn. Geol., s. 3, 60, Special Issue.

Perri, M.C., & C. Spalletta. 1998b. Conodont distribution at the Tournaisian/Visean Boundary in the Carnic Alps (Southern Alps, Italy). *Paleont. Polon.* 58: 225-45.

Pfeiffer, D. 1984. *Zwischenbericht zur Auswertung der geologischen Kartierung: Karnische Alpen im italienischen Anschlußgebiet an das Lesachtal, zwischen Hochalpljoch und Gamskofel*, 1-6. Aachen.

Pfeiffer, J. 1988. Paleontology and Microfacies of a Platform Margin in the Carnic Alps (Austria, Middle Triassic). *Facies* 19: 33-60.

Pichler, A. 2009. Bergbau in Westkärnten. Eine Bestandsaufnahme der noch sichtbaren Merkmale der historischen Bergbaue in Westkärnten. *Carinthia II*, *Sond.* 63: 1-416.

Pickett, J.W. 2007. Late Silurian Rugose Corals from the Cellon and Rauchkofel Sections (Carnic Alps, Austria). *Jahrb. Geol. B.-A.* 147: 545-50.

Plodowski, G. 1971. Glattschalige Atrypacea aus den Zentralkarnischen Alpen und aus Böhmen. *Senckenberg. lethaea* 52: 285-313.

Plodowski, G. 1973. Rhynchonellacea aus den Zentralkarnischen Alpen. *Senckenberg. Lethaea* 54: 65-103.

Pohler, S. 1982. *Die Entwicklung der Flachwasserkarbonate im Mittel- und Oberdevon der Zentralen Karnischen Alpen (Seewartesockel zum S-Abfall der Hohen Warte)*.

Unveröffentlichte Diplomarbeit, 1-134. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelm-Univ. Bonn.

Pohler, S., A. May & H.P. Schönlaub. 2007. Pragian-Emsian crinoidal sand banks and stromatoporoid-hydrozoan buildups, Carnic Alps, Austria. In *Facies from Palaeozoic reefs and bioaccumulations*, cur. E. Vennin, M. Aretz, F. Boulvain & A. Munnecke, 175-6. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 195. Paris: Publications Scientifiques du Muséum.

Pohler, S.M.L., C. Corradini, E. Kido, M. Pondrelli, H.P. Schönlaub, L. Simonetto, C. Spalletta & T.J. Suttner. 2015a. Spinotti Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 96-100. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pohler, S.M.L., K. Bandel, E. Kido, M. Pondrelli, H.P. Schönlaub, L. Simonetto & T.J. Suttner. 2015b. Seewarte Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 89-91. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pohler, S.M.L., K. Bandel, E. Kido, M. Pondrelli, H.P. Schönlaub, L. Simonetto & T.J. Suttner. 2015c. Lambertenghi Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 92-5. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pohler, S.M.L., K. Bandel, E. Kido, M. Pondrelli, T.J. Suttner, H.-P. Schönlaub & A. Mörtl. 2015d. Polinik Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 81-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pohler, S.M.L., K. Bandel, E. Kido, M. Pondrelli, T.J. Suttner, H.P. Schönlaub & A. Mörtl. 2015e. Hohe Warte Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 81-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pölsler, P. 1969a. Stratigraphie und Tektonik im Nordabfall des Findenigkofels (Silur bis Karbon; Karnische Alpen, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 112: 355-98.

Pölsler, P. 1969b. Conodonten aus dem Devon der Karnischen Alpen (Findenigkofel, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 112: 399-440.

Pondrelli, M. 2002. Thermal history of the Carnic Alps (NE Italy-Austria) using CAI analysis. *Riv. It. Paleont. Strat.* 108: 369-80.

Pondrelli, M., C. Corradini, H.-P. Schönlaub, C. Spalletta, S.M.L. Pohler, T.J. Suttner, E. Kido, M.C. Perri, M.G. Corriga, A. Mossoni & L. Simonetto. 2015a. Cellon Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 117-20. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pondrelli, M., C. Corradini, M.G. Corriga, H.-P. Schönlaub, C. Spalletta, S.M.L. Pohler, A. Mossoni, L. Simonetto, T.J. Suttner, M.C. Perri, & E. Kido. 2015b. Kellerwand Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 109-112. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pondrelli, M., C. Corradini, M.G. Corriga, H.-P. Schönlaub, C. Spalletta, S.M.L. Pohler, A. Mossoni, L. Simonetto, T.J. Suttner, M.C. Perri, & E. Kido. 2015c. Vinz Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 113-6. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pondrelli, M., D. Pas, C. Spalletta, H.-P. Schönlaub, E. Farabegoli, C. Corradini, T.J. Suttner, M.G. Corriga, M.C. Perri, A.-C. Da Silva, S.M.L. Pohler, L. Simonetto, C. Dojen, A. Mossoni, E. Kido & H. Hüneke. 2015d. Freikofel Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 121-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Pondrelli, M., H.-P. Schönlaub, C. Corradini, C. Spalletta, T.J. Suttner, E. Kido, M.C. Perri, L. Simonetto, M.G. Corriga, A. Mossoni, S.M.L. Pohler & H. Hüneke. 2015e. Hoher Trieb Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 125-8. Abh. Geol. B.-A. 69.

Priewalder, H. 1987. Acritarchen aus dem Silur des Cellon-Profils, Karnische Alpen, Österreich. *Abh. Geol. B.-A.* 40: 1-121.

Priewalder, H. 1997. The distribution of the Chitinozoans in the Cellon Section (Hirnantian - Lower Lochkovian) - a preliminary report. In *IGCP-421, North Gondwanan mid-Paleozoic Biodynamics, Guidebook*, cur. H.P. Schönlaub, 74-85. Ber. Geol. B.-A. 40.

Priewalder, H. 1999. The Chitinozoans in the upper Ordovician to lowermost Devonian succession of the Cellon Section. A preliminary report. In *V International Symposium Cephalopods - Present and Past. Carnic Alps, Excursion Guidebook*, cur. K. Histon, 31-42. Ber. Geol. B.-A. 47.

Priewalder, H. 2000. Die stratigraphische Verbreitung der Chitinozoen im Abschnitt Caradoc-Lochkovium des Cellon-Profils, Karnische Alpen (Kärnten, Österreich). *Mitteil. der österreich. Geolog. Gesell.* 91: 17-29.

Rantitsch, G. 1992. Reflexionsmessungen an Graptolithen im Silur und Unterdevon der Kamischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 299-316.

Rantitsch, G. 1993. *Zur Wärmegeschichte der Karnischen Alpen*. PhD Thesis, 1-173. Graz: University of Graz.

Rantitsch, G. 1997. Thermal history of the Carnic Alps (Southern Alps, Austria) and its palaeogeographic implications. *Tectonophysics* 272: 213-32.

Rantitsch, G. 2007. Robust sequential Factor Analysis of geochemical data from the Permian-Triassic Gartnerkofel-1 core (Southern Alps): the geochemical response to changing paleo-oceanographic conditions in shallow-marine carbonate platforms. *Facies* 53: 129-40.

Reible, R. 1986. *Diplomkartierung 1985, Kartiergebiet: Westliche Karnische Alpen (südlich Sillian): Zwischenbericht*. Wien: Geologische Bundesanstalt.

Ristedt, H. 1968. Zur Revision der Orthoceratidae. *Abh. Mathem.-naturwissen. Klasse, Akad. der Wissens. Mainz* 1968: 213-87.

Rodríguez, S., H.P. Schönlaub & H. Kabon. 2019. *Lonsdalaeia carnica* n. sp., a new colonial coral from the late Mississippian Kirchbach Formation of the Carnic Alps (Austria). *Jahrb. Geol. B.-A.* 158: 49-57.

Röpertz, B. 1988. *Geologische Kartierung des Raumes zwischen Grenzbachtal und R. Cavallino der westlichen Karnischen Alpen, Italien.* Diploma Thesis, 1-117. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Salcher, J. 2017. Die Schutzhütten und Biwaks am Karnischen Höhenweg. In *Der Wilde Westen der Karnischen Alpen*, 102-113. Klagenfurt: Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten.

Samankassou, E. 1997a. *Muster und Kontrollfaktoren der zyklischen Sedimentation im Jungpaläozoikum (Oberkarbon-Unterperm) der Karnischen Alpen, Österreich: Eine*

integrierte Untersuchung. Dissertation, 1-397. Erlangen: Naturwissen. Fak. Friedrich-Alexander-Univ. Erlangen-Nürnberg.

Samankassou, E. 1997b. Paleontological response to sea-level change: Distribution of fauna and flora in cyclothems from the Lower Pseudoschwagerina Limestone (Latest Carboniferous, Carnic Alps, Austria). *Geobios* 30 (6): 785-96.

Samankassou, E. 1998. Skeletal framework mounds of dasycladalean alga *Anthracoporella*, Upper Paleozoic, Carnic Alps, Austria. *Palaios* 13: 297-300.

Samankassou, E. 1999. Drowning of algal mounds: records from the Upper Carboniferous Lower *Pseudoschwagerina* Limestone, Carnic Alps, Austria. *Sedimentary Geology* 127: 209-20.

Samankassou, E. 2002. Cool-water carbonates in a paleoequatorial shallow-water environment: The paradox of the Auernig cyclic sediments (Upper Pennsylvanian, Carnic Alps, Austria-Italy) and its implications. *Geology* 30 (7): 655-8.

Samankassou, E. 2003. Upper Carboniferous - Lower Permian buildups of the Carnic Alps, Austria-Italy. Permo-Carboniferous carbonate platform and reefs, *SEPM Special Pub.* 78: 201-17.

Sanders, D., & K. Krainer. 2005. Taphonomy of Early Permian benthic assemblages (Carnic Alps, Austria): carbonate dissolution versus biogenic carbonate precipitation. *Facies* 51: 522-40.

Santel, W. 2001. Trilobiten aus dem Silur der Karnischen Alpen/Österreich. Teil I. *Paleontographica* A 262: 87-191.

Schätz, M. 2004. *Palaeozoic Geography and Palaeomagnetism of the Central European Variscan and Alpine Fold Belts.* Unpublished PhD Thesis, 1-122. Munich: Ludwig-Maximilian-Universität Munich.

Schaffhauser, M., K. Krainer & D. Sanders. 2010. The Zottachkopf Formation: A new formation in the Lower Permian Rattendorf Group (Carnic Alps, Austria). *Abstracts Pangeo 2010*, 218-9. Jour. of Alpine Geol., 52.

Schaffhauser, M., K. Krainer & D. Sanders. 2015. Early Permian carbonate shelf margin deposits: the type section of the Trogkofel Formation (Artinskian/Kungurian), Carnic Alps, Austria/Italy. *Aust. Jour. of Earth Sc.* 108 (2): 277-301.

Schallreuter, R. 1990. Ordovizische Ostrakoden und Seeigel der Karnischen Alpen und ihre Beziehungen zu Boehmen und Baltoskandien. *Neues Jahrb. für Geol. und Paläont., Monatshefte* 1990: 120-8.

Schmalholz, A. 1998. *Strukturgeologie und Petrographie im Übergangsbereich zwischen den westlichen und zentralen Karnischen Alpen (Kärnten/Österreich, Italien).* Diploma Thesis, 1-89. Tübingen.

Schmid, K., & I. Kovats. 2017. Der Gebirgskrieg 1915-1918 und der Plöckenpass. In *Im Herzen der Karnischen Alpen. Alpingeschichte, Gebirgskrieg, Geologische Kostbarkeiten (Deut., Engl., Ital.),* cur. H.P. Schönlaub, 30-53. Kötschach-Mauthen: Sek. Obergailtal-Lesachtal des Österreichischen Alpenvereins (Sonderausgabe „Blickpunkt“),

Schmöller, R. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Remarks on the Natural Gamma Ray Log and Density Log. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 209-11. Abh. Geol. B.-A. 45.

Schnabel, W. 1976. Schwermineraluntersuchungen im Variszikum der Karnischen Alpen (Österreich und Italien). *Verh. Geol. B.-A.* 1976: 191-206.

Schneider, G. 1987. *Bericht 1986 über geologisch-paläontologische Aufnahmen im Bereich südlich der Waidegger Höhe auf Blatt 198, Weissbriach*. Diploma Thesis, 1-36. Marburg.

Schneider, G. 1989. *Neue Trilobiten-Taxa aus dem Hohen Ober-Karbon der Karnischen Alpen. Zur Geologie südlich und südöstlich der Waidegger Höhe (Karnische Alpen, Österreich).* Diploma Thesis, Teil 1: 1-37, Teil 2: 1-42. Marburg.

Schnellbächer, P. 2010. *Stratigraphy, transport mechanisms and provenience of Devonian carbonateslope deposits (Freikofel, Carnic Alps).* Unpublished Master Thesis, 1-124. Greifswald: Universität Greifswald.

Schönlaub, H.P. 1968. Vorbericht über conodonten stratigraphische Untersuchungen im Raume Bischofalm-Hoher Trieb (Karnische Alpen). *Anz. Österreich. Akad. der Wissen., Mathematisch.-naturwissen. Klasse* 1968: 159-64.

Schönlaub, H.P. 1969a. Das Paläozoikum zwischen Bischofalm und Hohem Trieb (Zentrale Karnische Alpen). *Jahrb. Geol. B.-A.*, 112: 265-320.

Schönlaub, H.P. 1969b. Conodonten aus dem Oberdevon und Unterkarbon des Kronhofgrabens (Karnische Alpen, Österreich). *Jarh. Geol. B.-A.* 112: 321-54.

Schönlaub, H.P. 1970. Vorläufige Mitteilung über die Neuaufnahme der silurischen Karbonatfazies der zentralen Karnischen Alpen (Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1970: 306-15.

Schönlaub, H.P. 1971a. Zur Problematik der Conodonten-Chronologie an der Wende Ordoviz/Silur mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Llandovery. *Geol. et Palaeont.* 5: 35-57.

Schönlaub, H.P. 1971b. Palaeo-Environmental Studies at the Ordovician/Silurian Boundary in the Carnic Alps. *Memoir Bureau de Rec. Geol., Miner.* 73: 367-76.

Schönlaub, H.P. 1971c. Die fazielle Entwicklung im Altpaläozoikum und Unterkarbon der Karnischen Alpen. *Zeit. der Deut. Geol. Gesell.* 122: 97-111.

Schönlaub, H.P. 1977. New Data on the Ordovician/Silurian Boundary in the Carnic Alps. In *Third Intern. Symposium Ordovician System, Program & Abstracts*, 11. Columbus: The Ohio State University.

Schönlaub, H.P. 1979. Paläozoikum in Österreich. *Abh. Geol. B.-A.* 33: 1-124.

Schönlaub, H.P. 1980. Carnic Alps. Field Trip A. In *Second European Conodont Symposium (ECOS II), Guidebook, Abstracts*, cur. H.P. Schönlaub, 5-57. Abh. Geol. B.-A. 35.

Schönlaub, H.P. 1981a. Bericht 1978 über Aufnahmen im Paläozoikum auf Blatt 198, Weißbriach. *Verh. Geol. B.-A.* 1979: A154-5.

Schönlaub, H.P. 1981b. Die ältesten „Berge“ Österreichs. In *Schätze im Boden. Österreichs Boden im Wandel der Zeit*, cur. H. Kollmann, 7-16. Wien: Verlag W. Braumüller.

Schönlaub, H.P. 1983. Bericht 1979 über geologische Aufnahmen im Paläozoikum der Karnischen Alpen auf Blatt 198, Weißbriach. *Verh. Geol. B.-A.* 1980: A131-4.

Schönlaub, H.P. 1984. Steine erzählen aus ihrem Leben. Die Karnischen Alpen. *Populärwissenschaftliche Veroff. Geol. B.-A.*: 1-31.

SCHÖNLAUB, H.P. 1985a. Devonian Conodonts from section Oberbuchach II in the Carnic Alps (Austria). *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg* 35: 353-74.
SCHÖNLAUB, H.P. 1985b. Das Paläozoikum der Karnischen Alpen. In *Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1985, Kötschach-Mauthen,* 34-52. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P., bearb. 1985c. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 197 Kötschach*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P. 1986. Significant geological events in the Paleozoic record of the Southern Alps (Austrian part). In *Global Bio-Events*, cur. O. WALLISER, 163-7. Lecture Notes in Earth Sciences, 8. Berlin-Heidelberg: Springer.
SCHÖNLAUB, H.P., bearb. 1987. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 198 Weissbriach*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P. 1988a. *Vom Urknall zum Gailtal - 500 Millionen Jahre Erdgeschichte in der Karnischen Region*, 1-169. Geologische Bundesanstalt und Verwaltungsgemeinschaft der Gemeinden des Bezirkes Hermagor.
SCHÖNLAUB, H.P. 1988b. The Ordovician-Silurian boundary in the Carnic Alps of Austria. In *A global Analysis of the Ordovician-Silurian Boundary*, cur. L.R M. COCKS & R.B. RICKARDS, 107-15. Bull. of the British Museum (Natural History), Geology 43.
SCHÖNLAUB, H.P., bearb. 1989. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 199 Hermagor*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P. 1990a. The collapse of the Carboniferous flysch trough in the Carnic Alps. In *Field Workshop on Carboniferous to Permian Sequence of the Pramollo-Naßfeld Basin (Carnic Alps), 1990, Proceedings*. Bologna: Università di Bologna.
SCHÖNLAUB, H.P. 1990b. The „Geo-Trail" in Carinthia (Southern Alps), its Inception and its Acceptance. In *Earth Science Conservation, an absolute Need for Science and Education*, cur. S. ANDERSON et al., 663. Jahrb. Geol. B.-A. 133.
SCHÖNLAUB, H.P. 1990c. Geo-Trail. *Naturopa*, 14.
SCHÖNLAUB, H.P. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Conodont Biostratgraphy. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. HOLSER & H.P. SCHÖNLAUB, 79-98. Abh. Geol. B.-A. 45.
SCHÖNLAUB, H.P. 1992. Stratigraphy, biogeography and paleoclimatology of the Alpine Palaeozoic and its implications for plate movements. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135: 381-418.
SCHÖNLAUB, H.P. 1993a. The Devonian-Carboniferous Boundary at Grüne Schneid Section (Carnic Alps) - a Review. *Ann. de la Soc. Geol. de Belgique* 115: 661-4.
SCHÖNLAUB, H.P. 1993b. Stratigraphy, biogeography and climatic relationships of the Alpine Palaeozoic. In *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*, cur. J.F. VON RAUMER & F. NEUBAUER, 65-91. Berlin.
SCHÖNLAUB, H.P. 1994. The Oberbuchach 1 Section. In *Subcommission on Silurian Stratigraphy Field Meeting Eastern+Southern Alps, Austria 1994, Guidebook+Abstracts*, cur. H.P. SCHÖNLAUB & L.H. KREUTZER, 94-6. Ber. Geol. B.-A. 30.
SCHÖNLAUB, H.P. 1996. Honorar-Prof. Hofrat Dr. Franz Kahler (23. Juni 1900-6. August 1995). *Jahrb. Geol. B.-A.* 139: 5-11.
SCHÖNLAUB, H.P., bearb. 1997a. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 196 Obertilliach*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P., cur. 1997b. IGCP Project 421 North Gondwanan Mid-Palaeozoic Biodynamics, Inaugural Meeting Vienna, September 17-21, 1997, Guidebook. *Ber. Geol. B.-A.* 40: 1-134.
SCHÖNLAUB, H.P. 1997c. Stop 2: Rauchkofel Boden section. Lithology and Paleontology. In *IGCP Project 421 North Gondwanan Mid-Palaeozoic Biodynamics, Inaugural Meeting Vienna, September 17-21, 1997*, Guidebook, cur. H.P. SCHÖNLAUB, 107-12. Ber. Geol. B.-A. 40.
SCHÖNLAUB, H.P. 1997d. The Silurian of Austria. *Ber. Geol. B.-A.* 40: 20-41.
SCHÖNLAUB, H.P. 1998. Review of the Paleozoic Paleogeography of the Southern Alps - The Perspective from the Austrian Side. In *Southern Alps Field Trip Guidebook, ECOS VII*, cur. M.C. PERRI & C. SPALLETTA, 59-68. Giorn. Geol., s. 3, 60, Special Issue.
SCHÖNLAUB, H.P., bearb. 2000a. *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 195 Sillian*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
SCHÖNLAUB, H.P. 2000b. The Ordovician of the Southern Alps. *Mitteil. der österreich. Geolog. Gesell.* 91: 39-51.
SCHÖNLAUB, H.P. 2005. *Der wahre Held ist die Natur - Geopark Karnische Alpen*, 1-271, Wien: Geologische Bundesanstalt Wien, Gemeindeverband Karnische Region Hermagor.
SCHÖNLAUB, H.P. 2007. Der GeoPark Karnische Region-Planung und Realität. *Aband. Geol. B.-A.* 60: 183-8.
SCHÖNLAUB, H.P., cur. 2009. *Die Geologische Uhr. Eine interaktive Zeitreise durch die Erdgeschichte, DVD und Begleitbroschüre*, 1-39. Dellach/Gail: Geopark Karnische Alpen.
SCHÖNLAUB, H.P. 2010. *Die Geologie der Stadtgemeinde Hermagor-Pressegger See. In Stadtgemeinde Hermagor-Pressegger See*. Geschichte-Kultur-Natur, cur. H. ROGY, 321-36. Geschichtsverein für Kärnten 38.
SCHÖNLAUB, H.P. 2014. Karnische Alpen/Carnic Alps - Post-Variscan Sequence. In *The Lithostratigraphic Units of the Austrian Stratigraphic Chart 2004 (Sedimentary Successions). The Paleozoic Era (them),* cur. W.E. PILLER, 82-90. Abh. Geol. B.-A. 66.
SCHÖNLAUB, H.P. 2015a. Himmelberg Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. CORRADINI & T.J. SUTTNER, 26-9. Abh. Geol. B.-A. 69.
SCHÖNLAUB H.P. 2015a. Fleons Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. CORRADINI & T.J. SUTTNER, 23-5. Abh. Geol. B.-A. 69.
SCHÖNLAUB, H.P. 2017a. *Die Erdgeschichte der Karnischen Alpen - eine Zeitreise. In: Im Herzen der Karnischen Alpen. Alpingeschichte, Gebirgskrieg, Geologische Kostbarkeiten (Deutsch, Englisch, Italienisch)*, 54-77. Kötschach-Mauthen: Sektion Obergailtal-Lesachtal des Österreichischen Alpenvereins (Sonderausgabe „Blickpunkt").
SCHÖNLAUB, H.P. 2017b. The history of conodont researchin the Carnic Alps of Austria. *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 212-19.
SCHÖNLAUB, H.P. 2018. Geologie der Garnitzenklamm. In *Garnitzenklamm, Pressegger See und Weissensee, Nassfeld Geologie-Geschichte-Natur*, cur. H. VERDERBER, 35-55. Hermagor: Österrechischer Alpenverein, Sektion Hermagor, Landschaftsträume.

Schönlaub, H.P. 2018. Review of the Devonian/Carboniferous boundary in the Carnic Alps. *Jahrb. Geol. B.-A.* 158: 29-47.

Schönlaub, H.P., & Bogolepova, O. 1994. Section 6 - Rauchkofel Boden Section. In *Subcommission of Silurian Stratigraphy Field Meeting, Eastern+Southern Alps, Austria 1994*, cur. H.P. Schönlaub, 103-10. Ber. Geol. B.-A. 30.

Schönlaub, H.P., & C. Corradini. 2017. Conodont and graptolites from the Oberbuchach I and Oberbuchach 1b sections (Katian-Lochkovian). *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 276-9.

Schönlaub, H.P., & A. Daurer. 1977. Ein auffallender Geröllhorizont an der Basis des Silurs im Nölblinggraben (Karnische Alpen). *Verh. Geol. B.-A.* 1977: 361-65.

Schönlaub, H.P., & A. Ferretti. 2015a. Wolayer Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 34-7. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., & A. Ferretti. 2015b. Uquar Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 38-41. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., & A. Ferretti. 2015c. Plöcken Formation In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 42-5. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., & G. Flajs. 1975. Die Schichtfolge der Nordwand der Hohen Warte (Mt. Coglians) in den Karnischen Alpen (Österreich). *Carinthia II* 165/85: 83-96.

Schönlaub, H.P., & G. Flajs. 1993. Neue Fossilfunde aus den westlichen Karnischen Alpen. *Jahrb. Geol. B.-A.*136: 233-45.

Schönlaub, H.P., & H.C. Forke. 2005. Das Jungpaläozoikum der Karnischen Alpen und das Karbon von Nötsch. In *75. Jahrestagung Paläontologische Gesellschaft, Graz, 27.08-02.09.2005*, 1-48. Graz.

Schönlaub, H.P., & H.C. Forke. 2007. Die post-variszische Schichtfolge der Karnischen Alpen - Erläuterungen zur Geologischen Karte des Jungpaläozoikums der Karnischen Alpen 1:12.500. *Abh. Geol. B.-A.* 61: 3-157.

Schönlaub, H.P., & H.C. Forke. 2009. *Late Paleozoic of the Carnic Alps (Austria/Italy). Guidebook. Excursion 2, Paleozoic Seas Symposium, 18 September 2009*, 1-46. Graz.

Schönlaub, H.P., & H. Heinisch. 2015. Val Visdende Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 19-22. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., & K. Histon. 1999. The Palaeozoic of the southern Alps. In *V International Symposium Cephalopods - Present and Past. Carnic Alps, Excursion Guidebook*, cur. K. Histon, 6-30. Ber. Geol. B.-A. 47.

Schönlaub, H.P., & K. Histon. 2000. The Paleozoic evolution of the southern Alps. *Mitteil. der österreich. Geolog.Gesell.* 92: 15-34.

Schönlaub, H.P., & G. Krawanja-Ortner. 2017. UNESCO Geopark Karnische Alpen. In *UNESCO Geoparke in Österreich*, cur. E. Hejl, H. Ibetsberger & H. Steyrer, 82-128. Natur- und Kulturerlebnisführer der Universität Salzburg 5.

Schönlaub, H.P., & L. H. Kreutzer. 1993. Lower Carboniferous Conodonts from the Cima di Plotta Section (Carnic Alps, Italy). *Jahrb. Geol. B.-A.* 136: 247-69.

Schönlaub, H.P., & L. Lammerhuber. 2009. *Geologie und Zeit an Beispielen aus den Karnischen Alpen*. Wien, Baden: Edition Lammerhuber, Geologische Bundesanstalt.

Schönlaub, H.P., & P.M. Sheehan. 2003. Die Krise des Lebens am Ende des Ordoviziums. In *Katastrophen in der Erdgeschichte. Wendepunkte des Lebens*, cur. E. Hansch, 82-98. Heilbronn: Museo 19.

Schönlaub, H.P., & L. Simonetto. 2015. Valbertad Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 30-3. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., & C. Venturini. 2015. Val Visdende Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 16-8. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., R. Feist & D. Korn. 1988. The Devonian-Carboniferous Boundary at the section "Grüne Schneid"(Carnic Alps), Austria: A preliminary report. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 100: 149-67.

Schönlaub, H.P., P. Klein, M. Magaritz, G. Rantitsch & S. Scharbert. 1991. Lower Carboniferous Paleokarst in the Carnic Alps (Austria, Italy). *Facies* 25: 22-9.

Schönlaub, H.P., M. Attrep, K. Boeckelmann, R. Dreesen, R. Feist, A. Fenninger, G. Hahn, P. Klein, D. Korn, R. Kratz, M. Magaritz, C.J. Orth & J.M. Schramm. 1992. The Devonian/Carboniferous boundary in the Carnic Alps (Austria) - A multidisciplinary approach. *Jahrb. Geol. B.-A.* 135 (1): 57-98.

Schönlaub, H.P., L. Kreutzer, M.M. Joachimski & W. Buggisch. 1994. Paleozoic boundary sections of the Carnic Alps (southern Austria). In *Sedimentology and geochemistry of boundary sections from the Northern Calcareous (K/T) and Carnic Alps (O/S, S/D, F/F, D/C, P/T), Austria - a field guide*, cur. M. M. Joachimski, 77-103. Erlanger Geologische Abhandlungen 122.

Schönlaub, H.P., A. Ferretti, L. Gaggero, E. Hammarlund, D.A.T. Harper, K. Histon, H. Priewalder, C. Spötl & P. Štorch. 2011. The Late Ordovician Glacial Event in the Carnic Alps (Austria). In *Ordovician of the World*, cur. J. C. Gutiérrez-Marco, I. Rábana & D. García-Bellido, 515-26. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Schönlaub, H.P., A. Ferretti, C. Corradini, M.G. Corriga, M. Pondrelli & L. Simonetto. 2015a. Bischofalm Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 65-8. Abh. Geol. B.-A. 69

Schönlaub, H.P., Spalletta, C. & Venturini, C. 2015b. Kirchbach Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 148-50. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., A. Ferretti, C. Corradini, M.G. Corriga, M. Pondrelli & L. Simonetto. 2015c. Nölbling Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 61-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Schönlaub, H.P., J. Salcher, D. van Husen & R. Gietl. 2017a. Der Wilde Westen der Karnischen Alpen. *Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten*, 1-132.

Schönlaub, H.P., C. Corradini & M.G. Corriga, 2017b. Devonian conodonts from the Oberbuchach II section. *Ber. des Inst. für Erdwissen. der Karl-Franzens-Univ. Graz* 23: 280-5.

Schönlaub, H.P., C. Corradini, M.G. Corriga & A. Ferretti. 2017c. Chrono-, litho- and conodont biostratigraphy of the Rauchkofel Boden section (Upper Ordovician-Lower Devonian), Carnic Alps, Austria. *Newsletter on Stratigraphy* 50 (4): 445-69.

Schramm, J.-M. 1991. The Permian-Triassic of the Gartrnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Illite Crystallinity in Shale Sediments and its Comparison with Pre-Variscan Sequences. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 69-77. Abh. Geol. B.-A. 45.

Schulze, C. 1983. *Kurzbericht zur geologischen Karte des Gebietes Raudenspitze, Hochalpl, Weißsteinspitze, Torkarspitz, Zwölferspitz*. 1-4. Aachen.

Skala, W.D. 1969. Ein Beitrag zur Geologie und Stratigraphie der Gipfelregion des Poludnig (Karnische Alpen, Österreich). *Jahrb. Geol. B.-A.* 112: 235-64.

Söllner, F., H. Miller & R. Höll. 1997. Alter und Genese rhyodazitischer Metavulkanite („Porphyroide") der Nördlichen Grauwackenzone und der Karnischen Alpen (Österreich): Ergebnisse von U-Pb-Zirkondatierungen. *Zeit. der Deut. Geolog. Gesell.* 148 (3-4): 499-522.

Spalletta, C., & C. Venturini. 1988. Conglomeratic Sequences in the Hochwipfel Formation: a New Paleogeographic Hypothesis on the Hercynian Flysch Stage of the Carnic Alps. *Jahrb. Geol. B.-A.* 131: 637-47.

Spalletta, C., A. Ferrari, E. Kido, M.C. Perri, S.M.L. Pohler, M. Pondrelli, H.-P. Schönlaub, T.J. Suttner & G.B. Vai. 2015a. Creta di Collina Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 105-8. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spalletta, C., C. Venturini, H.P. Schönlaub & M. Pondrelli. 2015b. Hochwipfel Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 151-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spalletta, C., M.C. Perri, M. Pondrelli, C. Corradini, A. Mossoni & H.P. Schönlaub. 2015c. Pal Grande Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 137-40. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spalletta, C., H.-P. Schönlaub, M. Pondrelli & C. Corradini. 2015d. Valentin Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 133-6. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spalletta, C., H.-P. Schönlaub, M.C. Perri, C. Venturini & M. Pondrelli. 2015e. Zollner Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 141-4. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spalletta, C., M. Pondrelli, C. Corradini, M.G. Corriga, M.C. Perri, H.-P. Schönlaub, L. Simonetto & A. Mossoni. 2015f. Findenig Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 129-32. Abh. Geol. B.-A. 69.

Spötl, Ch., M. Egger, A. Mangini & A. Pavuza. 2017. Das Karstsystem am Obstanser See (Kartitsch, Osttirol) Geowissenschaftliche Ergebnisse. *Die Höhle* 68: 59-78.

Stattegger, K. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Statistical Analysis of the Geochemical Data. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 175-92. Abh. Geol. B.-A. 45.

Štorch, P., & H.P. Schönlaub. 2012. Ordovician-Silurian boundary graptolites of the Southern Alps, Austria. *Bull. of Geosc.* 87: 1-12.

Stroink, L. 1987. *Das Paläozoikum zwischen Fillmoorhöhe und Kleiner Kinigat, Karnische Alpen, Österreich*. Diploma Thesis, 1-59. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Suttner, T. 2007. Conodont Stratigraphy, Facies-related Distribution Patterns and Stable Isotopes (Carbon and Oxygen) of the Uppermost Silurian to Lower Devonian Seewarte Section (Carnic Alps, Carinthia, Austria). *Abh. Geol. B.-A.* 59: 1-115.

Suttner, T.J., & E. Kido. 2011. Devonian and Carboniferous of the Carnic Alps. *Berichte des Institutes für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz* 16: 99-112.

Suttner, T.J., & E. Kido. 2015. Distinct sea-level fluctuations and deposition of a megaclast horizon in the neritic Rauchkofel Limestone (Wolayer area, Carnic Alps) correlate with the Lochkov-Prag Event. In *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events*, cur. R.T. Becker, P. Königshofe & C.E. Brett, 11-23. London: Geological Society, London, Special Publications 423.

Suttner, T.J., K. Bandel, C. Corradini, M.G. Corriga, E. Kido, S.M.L. Pohler, M. Pondrelli, H.-P. Schönlaub, L. Simonetto & G.B. Vai. 2015. Seekopf Formation. In *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps (Austria and Italy)*, cur. C. Corradini & T.J. Suttner, 69-72. Abh. Geol. B.-A. 69.

Suttner, T.J., E. Kido & A.W.W. Suttner. 2017a. *Icriodus marieae*, a new icriodontid conodont species from the Middle Devonian. *Paläontologische Zeitschrif* 91: 137-44.

Suttner, T.J., E. Kido, C. Corradini, S. Vodrážková, M. Pondrelli & L. Simonetto. 2017b. Conodont diversity across the late Eifelian Kačák Episode of the southern Alpine realm (central Carnic Alps, Austria/Italy). *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoec.* 479: 34-47. doi:10.1016/j.palaeo.2017.04.015.

Tietz, G.F. 1974. Die Schwermineralgehalte in den Grenzlandbänken. *Carinthia II* 84: 115-24.

Tietz, G.F. 1976. Petrographische und geochemische Untersuchungen an einer kondensierten Kalkbank des unteren Silurs der Karnischen Alpen (Österreich). *Verh. Geol. B.-A.* 1976: 207-42.

Treskatis, C. 1987. *Geologische Kartierung im südtiroler Anteil der westlichen Karnischen Alpen (nordöstlich Sexten-Moos, Italien)*. Diploma Thesis, 1-46. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Vachard, D., & K. Krainer. 2001a. Smaller foraminifers of the latest Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria/Italy). *Riv. It. Paleont. Strat.* 107: 147-68.

Vachard, D., & K. Krainer. 2001b. Smaller foraminifers, characteristic algae and pseudo-algae of the latest Carboniferous-Early Permian Rattendorf Group, Carnic Alps (Austria/Italy). *Riv. It. Paleont. Strat.* 107: 169-95.

Vachard, D., K. Krainer & A. Mörtl. 2018. Middle Devonian parathuramminid and earlandiid foraminifers from shallow marine carbonates of the Carnic Alps (Austria). *Journal of Paleontology* 92 (3): 336-72.

Vai, G.B. 1973. Distribution of *Karpinskia* in the Lower Devonian of Mount Coglians (Carnic Alps). *Trudy IM Me. Simposium Leningrad Silura/Devona* 2: 75-79 (russisch).

Vai, G.B. 1980. Sedimentary environment of Devonian pelagic limestones in the Southern Alps. *Lethaia* 13: 79-91.

Vai, G.B. 1998. Field trip through the Southern Alps: an introduction with geologic settings, palaeogeography and Palaeozoic stratigraphy. *Giorn. Geol.* 60: 1-38.

Vai, G. B., & C. Venturini. 1997. Moscovian and Artinskian rocks in the frame of the cyclic Permo-Carboniferous deposits of the Carnic Alps and related areas. In *Peri-Tethys: stratigraphic correlations*, cur. S. Crasquin-Soleau, A. Izart, D. Vaslet & P. Dewever, 173-86. Geodiversitas 19 (2).

Van Delden, S. 1989. *Das Paläozoikum zwischen Fleonsalpe und Giramondopaß (Karnische Alpen, Österreich-Italien).* Diploma Thesis, 1-58. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Van Husen, D. 1985. Zur quartären Entwicklung im Gailtal. In *Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1985, Kötschach-Mauthen, Gailtal, 15.-21. September 1985*, cur. H.P. Schönlaub, 10-15. Wien: Geologische Bundesanstalt.

Van Husen, D. 2017. Das Deckgebirge der Karnischen Alpen als Folge eiszeitlicher Prägung. In *Der Wilde Westen der Karnischen Alpen*, 94-101. Klagenfurt: Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten.

Venturini, C. 1983. Il bacino tardoercinico di Pramollo (Alpi Carniche): un'evoluzione regolata dalla tettonica sinsedimentaria. *Mem. Soc. Geol. It.* 24: 23-42.

Venturini, C. 1989. Bombaso Formation: The basal clastic unit of the late orogenic Hercynian sequence in the Carnic Alps. In *Newsletter, IGCP project no. 5*, cur. F. P. Sassi & R. Bourrouilh, R., 101-3.

Venturini, C. 1990. *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 36: 1-207.

Venturini, C. 1990b. *Carta geologica delle Alpi Carniche centro-orientali. 1: 20 000*. Firenze: Selca, Mus. Friul. St. Nat.

Venturini, C. 1990c. *Field Workshop on Carboniferous to Permian Sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps), September 2-8, 1990, Guidebook*, 1-259. Bologna: Università di Bologna.

Venturini, C. 1991. Introduction to the geology of the Pramollo basin (Carnic Alps) and its surroundings. In *Workshop proceedings on tectonics and stratigraphy of the Pramollo basin (Carnic Alps)*, cur. C. Venturini, 13-47. Giorn. Geol. ser. 3a, 53 (1).

Venturini, C. 2006. *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 48: 1-207.

Venturini, C., & C. Spalletta. 1998. Remarks on the Palaeozoic stratigraphy and the Hercynian tectonics of the Palaeocarnic Chain (Southern Alps). In *Southern Alps Field Trip Guidebook, ECOS VII*, cur. M.C. Perri & C. Spalletta, 69-88. Giorn. Geol., s. 3, 60, Special Issue.

Venturini, C., A. Ferrari, C. Spalletta & G.B. Vai. 1982. La discordanza ercinica, il tardorogeno e il postorogeno nella geologia del Passo di Pramollo. In *Guida alla geologia del Sudalpina centro-orientale*, cur. A. Castellarin & G.B. Vai, 304-19. Guida Geol. Reg. S.G.I.

Venturini, C., F. Massari & G. Barbiero. 1990. Stop 1 - Along the Pramollo Pass - Monte Corona path and close to the Casera Auernig; 1600 m. In *Field Workshop on Carboniferous to Permian Sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps), September 2-8, 1990, Guidebook*, 87-89. Bologna: Università di Bologna.

Venturini, C., et al. 1991. Field trips into the Pramollo Basin. In *Workshop proceedings on tectonics and stratigraphy of the Pramollo basin (Carnic Alps)*, cur. C. Venturini, 4-126. Giorn. Geol., ser. 3a, 53 (1).

Verniers, J., J. Maletz, J. Køiž, Z. Žigatë, F. Paris, H.P. Schönlaub & R. Wrona. 2008. 6. Silurian. In *The Geology of Central Europe. Volume 1: Precambrian and Palaeozoic*, cur. T. McCann, 249-303. London: Geological Society.

Wagner, R. 1986. Bericht 1985 über geologische Aufnahmen im Tiroler Gailtal, Karnische Alpen, Österreich auf Blatt 195 Sillian. *Jahrb. Geol. B.-A.* 129 (2): 467-8.

Wallbraun, A. 1984. *Das Paläozoikum zwischen Mooser Tal und Schulterhöhe, Karnische Alpen, Österreich*. Diploma Thesis, 1-62. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Wenzel, B. 1997. Isotopenstratigraphische Untersuchungen an silurischen Abfolgen und deren paläoozeanische Interpretation. *Erlanger Geol. Abhand.* 129: 1-117.

Weyers, H. 1988. *Das Paläozoikum des Fleonstals/Karnische Alpen (Italien)*. Diploma Thesis, 1-35. Aachen: Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch.

Wolf, J., Lewin, A. & Hinderer, M. 2018. U-Pb zircon chronology of Palaeozoic sandstones in the eastern Alps. Poster. In *1st Early Career Sedimentologist Meeting (ECSM), Hannover*.

Wopfner, H. 1984. Permian deposits of the Southern Alps as product of initial alpidic taphrogenesis. *Geolog. Rund.* 73 (1): 259-77.

Zeissl, W., & H.J. Mauritsch. 1991. The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): Magnetostratigraphy. In *The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region)*, cur. W.T. Holser & H.P. Schönlaub, 193-207. Abh. Geol. B.-A. 45.

Zobel, M. 1984. *Österreichische Karte 196 Obertilliach: Zwischenbericht*. Diploma Thesis, 1-11. Wien.

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 40 (2018) | 33-47 | Udine, 10.XII.2019 | ISSN: 2038-0410

Evelyn Kustatscher
Hendrik Nowak
Stanislav Opluštil
Josef Pšenička
Luca Simonetto

THE CARBONIFEROUS FLORA OF THE CARNIC ALPS: STATE OF THE ART

LA FLORA CARBONIFERA DELLE ALPI CARNICHE: LO STATO DELL'ARTE

Riassunto breve - Questo lavoro illustra lo stato dell'arte relativo alle località fossilifere, al loro inquadramento stratigrafico e a una visione generale della composizione della flora del Carbonifero delle Alpi Carniche. I fossili vegetali provengono per la maggior parte da un certo numero di affioramenti distinti (circa 30), all'interno di un *range* temporale che copre l'intero Pennsylvaniano. Un ridotto numero di esemplari e alcune microflore provengono dal Carbonifero inferiore (Mississippiano, Formazione del Hochwipfel). Le singole località da cui provengono i reperti conservati al Museo Friulano di Storia Naturale, sono state raggruppate in base alla loro posizione stratigrafica così come indicata in bibliografia.
Considerando che l'intervallo di tempo racchiuso nelle singole unità fossilifere del Pennsylvaniano è abbastanza ridotto, e che le varie formazioni riflettono soprattutto un succedersi di transgressione/regressione del livello del mare, si presume che le piante potessero crescere in ambienti diversi ma in un arco di tempo quasi coevo per ognuno dei gruppi di località fossilifere individuati.
Parole chiave: Carbonifero, Mississippiano, Pennsylvaniano, Diversità, Bacino di Pramollo, Alpi Carniche.

Abstract - *A state-of-the-art overview is given on the fossiliferous localities of Carboniferous floras of the Carnic Alps, their stratigraphic background and a general picture of the flora. The majority of fossil plant assemblages come from several distinct fossiliferous horizons (about 30), covering the upper part of Pennsylvanian. A smaller number of specimens and some microfloral assemblages come from the lower Carboniferous (Mississippian, Hochwipfel Formation). The localities from which the specimens stored in the Museo Friulano di Storia Naturale come, have been grouped according to their stratigraphic position as indicated in the bibliography.*
Due to the fact that the time constraints within the Pennsylvanian fossiliferous units are relatively narrow, and that the various formations reflect, for most part, sea level transgressions and regressions, we posit that the plants likely grew in different, but roughly coeval, habitats for each of the fossiliferous site groups identified.
Key words: *Carboniferous, Mississippian, Pennsylvanian, Diversity, Pramollo Basin, Carnic Alps.*

Introduction

The Carboniferous floras of the Carnic Alps belong to two different time intervals. The flora from the Rifugio Marinelli (Marinelli Hütte; e.g., Stur 1871; Frech 1894; Vinassa de Regny 1906a, 1906b, 1906c; Gortani 1905, 1906, 1910; Krause 1928; Francavilla 1966; Van Amerom et al. 1984) comes from the Hochwipfel Formation of middle Visean age (Van Amerom et al. 1984). This flora (e.g., Stur 1871; Frech 1894; Vinassa de Regny 1906a, 1906b, 1906c; Gortani 1905, 1906, 1910; Krause 1928; Francavilla 1966; Van Amerom et al. 1984) is characterized by lycophytes (*Lepidodendron*, *Stigmaria*), sphenophytes (*Calamites*, *Sphenophyllum*), fronds of ferns or seed ferns (*Neurodontopteris*, *Rhodeopteridium*, *Sphenopteris*, *Sphenopteridium*, *Cardiopteridium*) and dispersed seeds (*Trigonocarpus*, ?*Holcospermum*).

In their recent volume dedicated to the Hoch-wipfel Formation, Kabon & Schönlaub (2019) report for the whole succession (more then 1200 m thick), a high number of species (about 40), referable to the genera *Archeocalamites, Pothocites, Calamites, Sphenophyllum, Sphenophyllostachis, Lepidodendropsis, Lepidodendron, Bothrodendron, Stigmaria, Sphenopteridium, Archeopteridium, Cardiopteridium, Fryopsis, Adianites, Triphyllopteris, Rhodea, Megaphyton, Sphenopteridium, Calathiops, Zeilleria*, to which are added the seeds of *Trigonocarpus, Holcospermum* e *Nudospermum* (specifying that "*seeds are rare in the formation ...*").

More emblematic for the Carnic Alps are the excellent outcrops of Pennsylvanian age, which are often very rich in fossils. Thus, it is not surprising that these fossiliferous successions have attracted the attention of geologists and palaeontologists since the middle of the 19th century. Besides the diverse fauna preserved in

marine carbonates and siliciclastics, terrestrial deposits yielded exceptional plant assemblages.

The Carboniferous macrofloras of the Carnic Alps have been studied for more than 240 years. One of the oldest references is from 1783, when HOHENWART (1783) indicated in the context of a botanical excursion that plant fossils were already known from the area of the Stanglalpe at that time. BOUÉ (1835) was among the first to describe a systematic collection and study of plant fossils from the area, emphasizing the diversity and richness of the fossil flora. Several plant genera were identified, including *Stigmaria*, *Lepidodendron*, *Asterophyllites*, *Calamites* and various types of ferns. Also STERNBERG (1820-1838) figured some plants from the Stangalpe, such as *Neuropteris alpina* (STERNBERG 1820-1838: p. 76, fig. 2, pl. 22; UNGER 1840). Further reports of plant fossils, mostly indicated as "Farnkräuter" (fern remains), were made from Watschig near Hermagor (MORLOT 1850), St. Oswalder Alpe (ANONYM 1851) and near Ofenalpe (HÖFER 1869; UNGER 1869). In the latter paper, 19 different species were already indicated. Among the most prominent geologists/paleontologists reporting on plant fossils in the 19th century are STUR (1856, 1868, 1871, 1886; 50 species), STACHE (1874), ZWANZINGER (1876; 65 species), TOMMASI (1889), BOZZI (1890; 14 species), SCHELLWIEN (1892), FRECH (1894) and GEYER (1897).

Fossil plants were discovered in the area of Palon del Pizzul, north of Paularo village, at the end of the 19th century, whereas the rich deposits of plant fossils around Cason di Lanza and Monte Pizzul were not described before the beginning of the 20th century (e.g., VINASSA DE REGNY & GORTANI 1905; GORTANI 1906, 1912, 1905; VINASSA DE REGNY 1912, 1905). Studies on Carboniferous plant fossils proceeded almost exclusively on the Austrian side after WWI (e.g., REICHARDT 1933; HERITSCH et al. 1933; KIELHAUSER 1937; JONGMANS 1938; BERGER 1960; RIEHL-HERWISCH 1962; REMY 1969; KAISER 1971; FENNINGER & SCHÖNLAUB 1972; FRANCAVILLA 1974; THIEDIG & KLUSMANN 1974; VAN AMEROM et al. 1976; TENCHOV 1978, 1980).

As seen above, the number of recognized plant taxa changed substantially over the course of the 19th century, from 19 species according to HÖFER (1869) to 50 and 65 species mentioned respectively by STUR (1886) and ZWANZINGER (1876).

A first critical review of the Carboniferous (mainly Pennsylvanian) floras of the Carnic Alps reduced the number of species to 25 (REICHARDT 1937; JONGMANS 1938). At the end of the 20th century, Fritz and Boersma (FRITZ 1980; FRITZ & BOERSMA 1981, 1983, 1984a, 1984b, 1984c, 1984d, 1985, 1986b, 1986c, 1986d, 1987a, 1987b, 1988a; FRITZ et al. 1986) published 17 "Fundberichte" (collecting reports), describing in detail (including in terms of sedimentology and taphonomy) more than 30 localities in Carinthia, primarily in the Carnic Alps, that had yielded Carboniferous to lower Permian floras. They also reviewed most of the historical collections (FRITZ & BOERSMA 1984e, 1986a, 1988b, 1990a, 1990b; FRITZ 1990a, 1990b; FRITZ et al. 1990). Subsequently, FRITZ & KRAINER (1993, 1994, 1995,

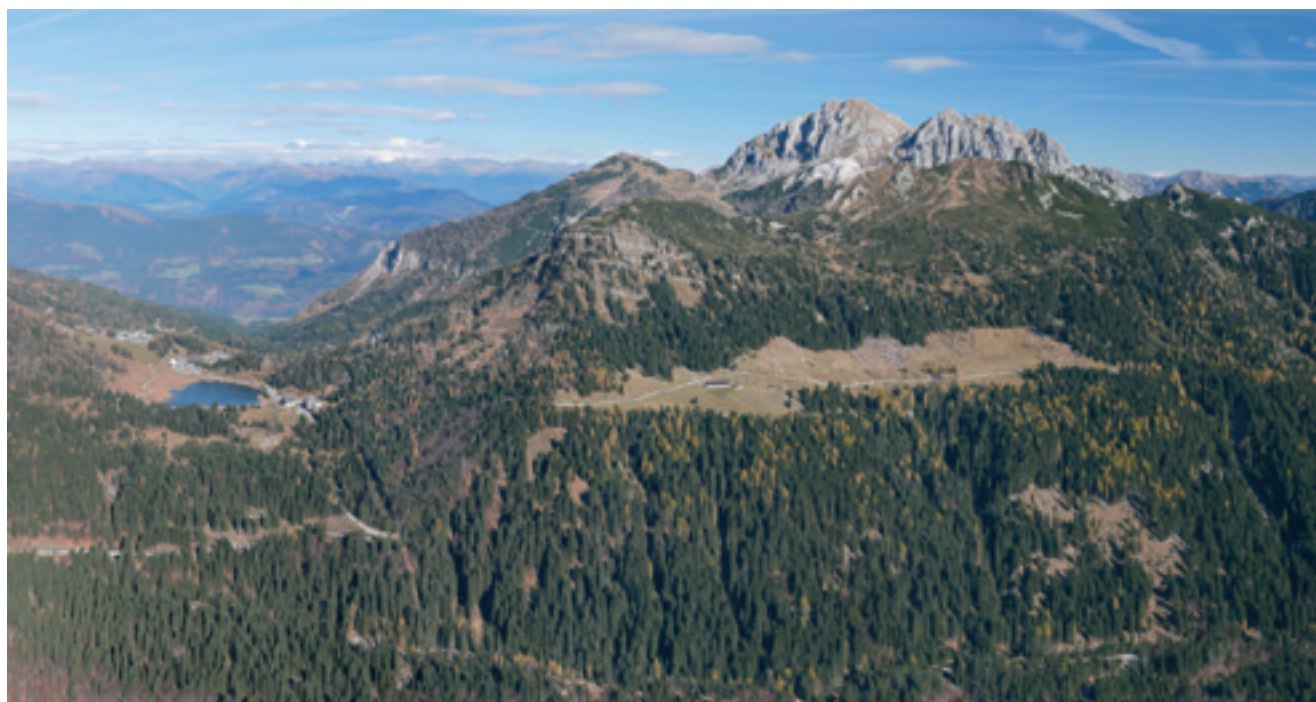



Fig. 1 - Panoramic view from the south of the Pramollo area (Nassfeld). In the center, in the meadow area, Casera Auernig (photo I. Pecile).
- *Vista panoramica da Sud dell'area di Pramollo (Nassfeld). Al centro, nell'area prativa, Casera Auernig (foto I. Pecile).*

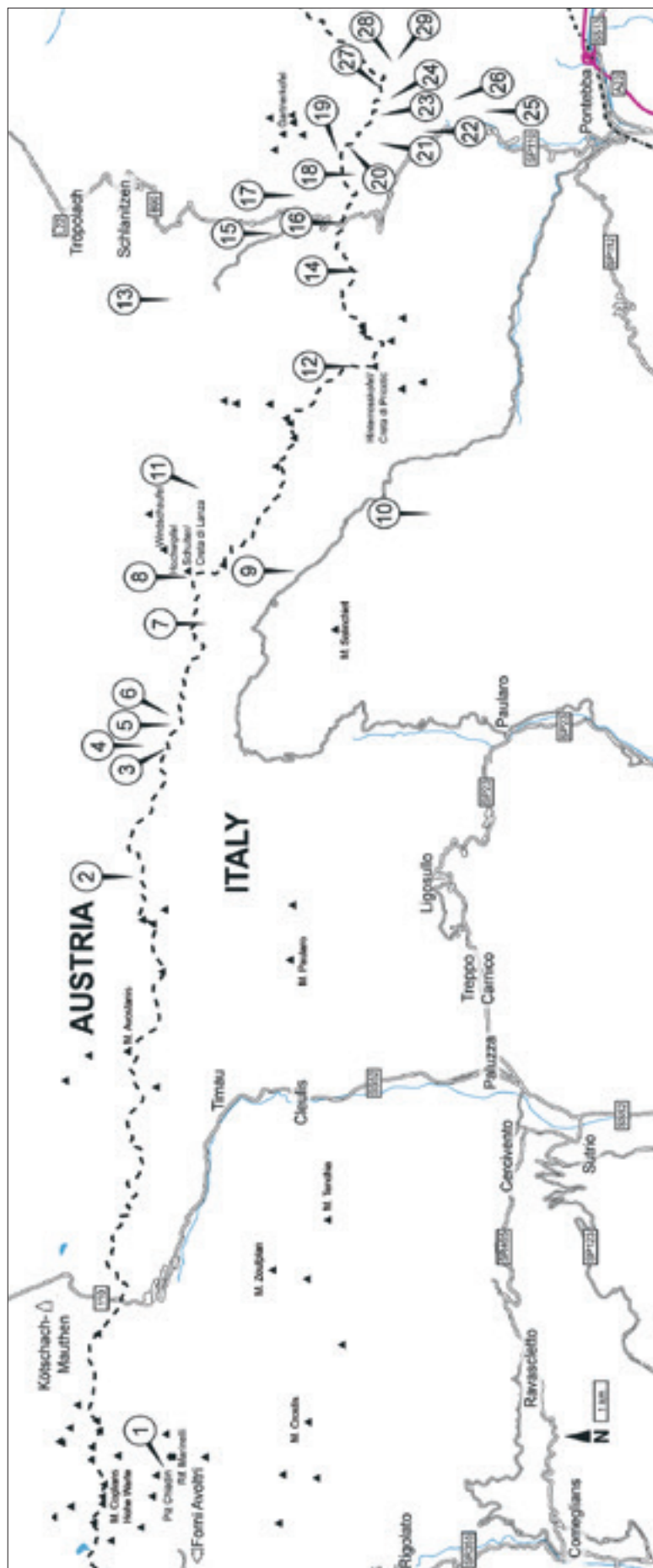



Fig. 2 – The studied area with the positions of the cited localities in the Carnic Alps, where Carboniferous floras have been found.
- *L'area esaminata con la posizione delle località citate dalle quali provengono le flore del Carbonifero delle Alpi Carniche.*

1 Rifugio Marinelli
2 Zollnersee
3 Straniger Alm 2
4 Straniger Alm 3
5 Straniger Alm 4
6 Straniger Alm 1
7 Casera Cordin Grande 1, 2
8 Schulterkofel 2
9 Passo Cason di Lanza/Lanzenboden (Rio del Museo)
10 Rio dai Amplis
11 Schwandgraben (Hüttengraben)
12 Rudnigsattel
13 Tomritsch
14 Madritschenkopf
15 Schlanitzer Almweg
16 Nassfeldsattel
17 Watschiger Alm
18 Monte Carnizza
19 Gugga 1-3, 5
20 Garnitzenberg 1-3, α, β
21 Frana Vecchia, Casera Auernig
22 Rio della Pioggia
23 Ofenalm West
24 Casera For/Ofenalm
25 Rio della Faglia
26 Rio Bruca
27 Monte Corona/Krone
28 “Contatto” Corrado Rosenfeld
29 Monte Corona towards Monte Cerchio

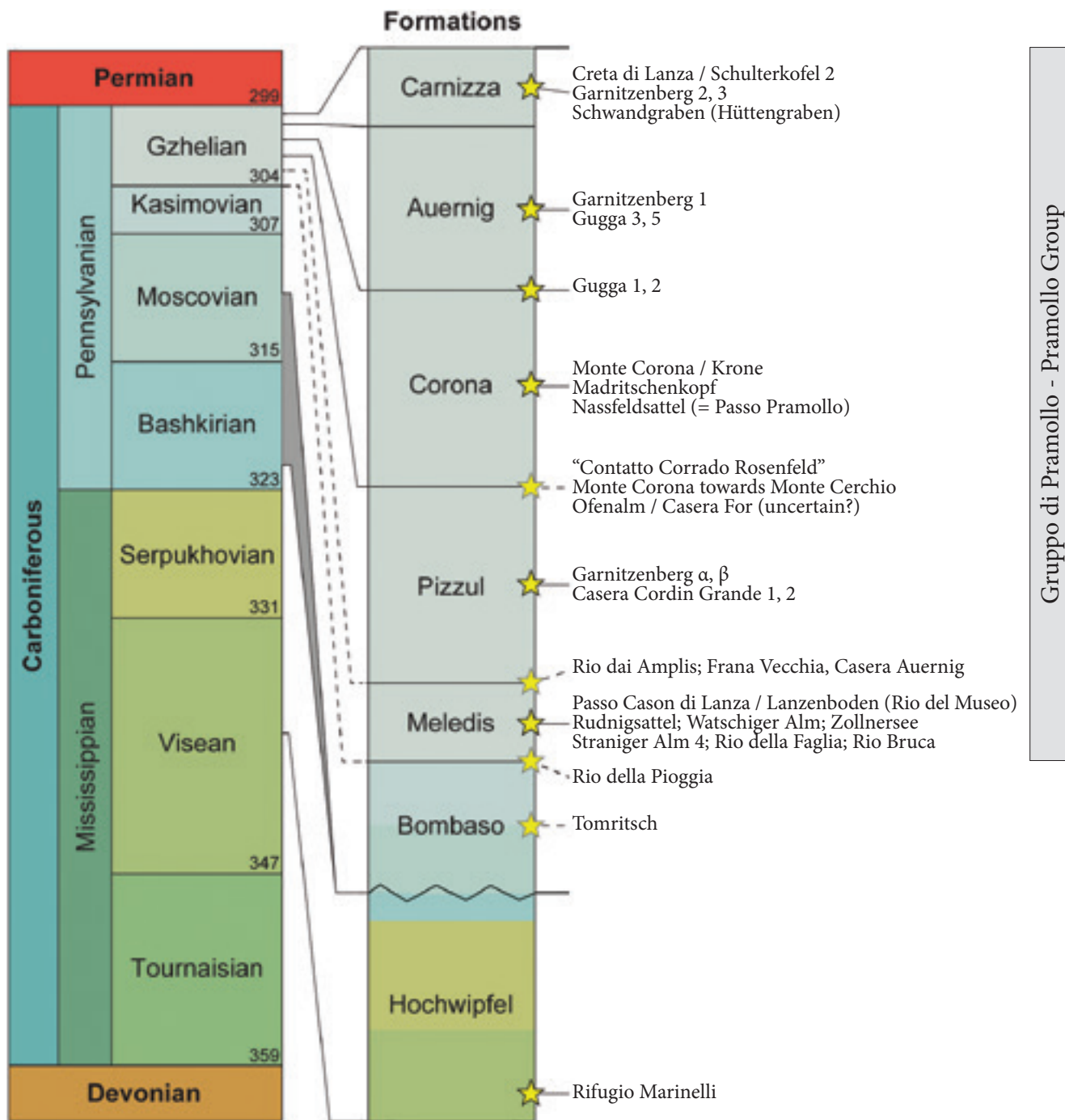



Fig. 3 - Stratigraphic positions of the cited localities in the Carnic Alps, where Carboniferous floras were found.
- *Posizione stratigrafica delle località citate dalle quali provengono le flore del Carbonifero delle Alpi Carniche.*

2006, 2007) described 92 taxa from these collections. The Carboniferous flora of the Carnic Alps became a famous reference flora, although these studies were mostly focused on plant assemblages from Austrian fossiliferous localities, whereas the plant assemblages from the Italian side are still poorly known.

A first detailed study of the plant assemblages of the Italian side and a preliminary revision of the historical plant assemblages from the Austrian side has recently been carried out within the Interreg VA Italy-Austria-Project ITAT2010 "GeoTrAC: Grenzüberschreitender GeoPark der Karnischen Alpen" - "GeoTrAC: Geoparco Transfrontaliero delle Alpi Carniche", giving for the first time an overview on the entire flora of the Carnic Alps (Opluštil et al. submitted).

Stratigraphy, materials and methods

Carboniferous deposits of the Carnic Alps have a noteworthy stratigraphic and palentological significance, and belong either to the Pre-Variscan sequence

(Corradini et al. 2015) or to the Permo-Carboniferous sequence (Selli 1963; Simonetto & Corradini 2006; Venturini 1990).

The marine environmental conditions that characterized the Upper Devonian (Pal Grande Formation and Zollner Formation) persisted in the lower Carboniferous, up to the Visean. At place, due to temporary subaerial exposures within the late Famennian and the Tournasian some karstic phenomena developed (Schönlaub et al. 1985; Pondrelli et al. 2015; Corradini et al. 2017) that give rise to hard grounds (Plotta Formation).

During the Visean, faults already activated in the latest Devonian due to rifting caused some sectors of the Carnic basin to subside, while other areas remain exposed. Several levels of breccias and conglomerates slide down in the deepest basins, forming a thick turbiditic sequence (Hochwipfel Fm), overlain by basic volcanic eruptive (Dimon Fm), related to the crustal thinning due to rifting. These conditions continue up to the Bashkirian (late Carboniferous), when the Variscan orogenic cycle begins in the Carnic area, marking the end of the deposition of the Pre-Variscan Sequence.

The uplift of the Paleocarnic chain (Bashkirian-Moscovian) generates an erosional depositional sedimentary gap. In some places (Forni Avoltri, Pramollo and Tarvisio sectors) the gap is earlier interrupted during the latest Moscovian, because of subsidence related a to strike-slip tectonic system. The Permo-Carboniferous Sequence unconformably overlies the Pre-Variscan Sequence. It is mainly constituted by alternances of fluvio-deltaic and marine deposits, regulated by frequent eustatic variations due to Permo-Carboniferous glacialism. The sequence starts with the Bombaso Fm., resulting from the erosion of the Paleocarnic Chain. This unit is overlain by the Pramollo Group, made up of 5 formations (the Meledis Fm, the Pizzul Fm, the Corona Fm, the Auernig Fm and the Carnizza Fm), characterized by frequent transgressive-regressive cycles, alternating fluvio-deltaic clastic sediments and calcareous shallow water deposits.

In the Lower Permian, calcareous facies are dominant; the three formations (Lower Pseudoschwagerina Fm, Val Dolce Formation. and Upper Pseudoschwagerina Fm), grouped in the Rattendorf Group, indicate a general transgression with more stable marine conditions. The overlying Trogkofel Group ends the Permo-Carboniferous Sequence of the Carnic Alps.

The upper Carboniferous successions yielding plant fossils in the Carnic Alps crop out in the Pramollo (or Pramollo-Nassfeld, Fig. 1) Basin (Venturini 1990). Several important localities (e.g., Passo Pramollo, Cason di Lanza, Monte Corona, Monte Carnizza; Fig. 1)

Fig. 4 - Fossiliferous outcrop along the Rio del Museo (Lanza Pass).
- *L'affioramento fossilifero lungo il Rio del Museo (Passo* del Cason di Lanza).

Fig. 5 - "Frana Vecchia" (Old landslide) locality at the slope of Mt Carnizza (Pramollo Pass).
- *La località detta "Frana Vecchia" alle pendici del Monte Carnizza (Passo Pramollo).*

yielded rich plant assemblages from the Pennsylvanian Pramollo Group (also known as Auernig Group or Auernig Formation; Fig. 3). The latter is up to 1200 m thick and composed of the Meledis, Pizzul, Corona, Auernig and Carnizza formations (Selli 1963). The Meledis, Corona and Carnizza formations are dominated by clastic sediments, whereas the Pizzul and Auernig formations are composed of clastic sedimentary rocks interbedded with thick fossiliferous limestone horizons (McCann 2008). The Meledis Formation and the lower part of the Pizzul Formation are considered Kasimovian in age, the other formations were assigned to the Gzhelian Stage (Schönlaub & Forke 2007; McCann 2008). The age attribution of the formations is mainly based on fusulinids (e.g., Kahler 1983, 1985, 1986, 1989; Krainer & Davydov 1998; Davydov & Krainer 1999; Forke & Samankassou 2000; Pasini 1963; Vachard & Krainer 2001). Plant remains are preserved in every formation of the Pramollo Group. Historically, the most abundant, best preserved and most diverse plant assemblages and also some coal-rich levels of up to 30 cm thickness came from the fine sandstones and pelitic levels of the Corona Formation (Selli 1963; Massari et al. 1991). Therein, sphenophyte trunks are preserved in situ (with a diameter of up to 20 cm; Selli 1963). Plant assemblages were also collected also from the other formations of the Pramollo Group and probably from the Bombaso Formation (Rio della Pioggia, Tomritsch).

The preservation of the plant remains varies strongly between different localities. Most are compressions or impressions (adpressions) with varying morphological details. The well-preserved plant compressions of some localities show clear pinnule veins and/or details of the reproductive organs. Other fragments have only a poorly preserved morphology. Cuticles and *in situ* spores/pollen could be present in some of the better-preserved plant compressions, although this has not been tested so far.

Most of the plant fossils from the Italian Carnic Alps are stored in the Museo Friulano di Storia Naturale in Udine (MFSN, about 2,500 specimens). Most samples have been recovered during systematic excavations in the last few decades by employees of the museum and local collectors. Plant remains were collected from numerous localities, such as Casera Auernig, Casera Cordin Grande, Cason di Lanza, Monte Carnizza, Monte Corona, Passo Pramollo, Pontebba, Rio Bombaso, Rio Bruca, Rio Cordin, Rio dai Amplis, Rio degli Uccelli (Vogelbach), Rio del Museo, Rio della Faglia and Rio della Pioggia. Some specimens coming from some of the same localities are also stored in the Museo Geologico della Carnia (Ampezzo, Udine, MGC).

The historical collections from the Carnic Alps are deposited mainly at the Naturhistorisches Museum Wien, and in the Geology and Paleontology section of the Museum of Natural History in Florence and the Landesmuseum für Kärnten, Klagenfurt. Some specimens (mainly collected by Michele Gortani) are also stored in the Museo Geologico Cappellini in Bologna.

The principal localities where most of the material came from are Garnitzenberg 1-3, Garnitzenberg Südost α and β (= Monte Carnizza), Gugga 1-3, Hüttengraben (= Schwandgraben), Kronalpe, Krone (= both Monte Corona), Madritschenkopf (= Monte Madrizze), Nassfeldsattel (= Passo Pramollo), Ofenalm (= Casera For), Lanzenboden (Piani di Lanza), Rudnigsattel Süd 3-4, Rudnigsattel Nord, Schlanitzer Almweg, Schulter, Straniger Alm 1-3, Tomritsch 1-2, Watschiger Alm, Treßdorfer Alm and Zollnersee 2-3 (Fritz et al. 1990; Figs 2, 3).

Plant remains

The plant remains from the Italian side of the border are currently being restudied. In the interim, the com-

Fig. 6 - Area of the excavation organized by the Museo Friulano di Storia Naturale on Mt Corona (Krone) in 1985.
- *L'area dello scavo organizzato dal Museo Friulano di Storia Naturale sul Monte Corona nel 1985.*

Fig. 7 - *Alethopteris* from the Meledis Formation, Rio del Museo (Lanza Pass; MFSN gp 1117).
- Alethopteris *dalla Formazione di Meledis, Rio del Museo (Passo del Cason di Lanza; MFSN gp 1117).*

position of the Upper Carboniferous flora of the Carnic Alps can only be assessed based on studies carried out since the 1980's in Carinthia. There, the floras have been grouped stratigraphically (e.g., Fritz & Krainer 2006, 2007; Fritz et al. 1990). Starting with the oldest post-variscan flora, the Bombaso Formation crops out at the Tomritsch 1 and 2, and putatively Rio della Pioggia localities. The localities Straniger Alm 1-4, Zollnersee 2-3, Cason di Lanza, Watschiger Alm, Rudnigsattel, Rio del Museo (Fig. 3), Rio della Faglia and "Rio Bruca" pertain to the Meledis Formation. The Rio dai Amplis and the "Frana Vecchia" (Fig. 5) localities yielded plant remains coming both from the Pizzul Formation and/or from the Meledis Formation. The fossiliferous horizons, Garnitzenberg α and β, and Casera Cordin Grande 1-2 are known for the Pizzul Formation. Also the specimens from Casera For could come from the Pizzul Formation, but this assignment is uncertain due to the high number of small outcrops in the area, belonging to different formations.

The Corona Formation yielded plant fossils at the Ofenalm, Nassfeldsattel, Madritschenkopf, and Krone/Monte Corona. The samples labelled as "Contatto Corrado Rosenfeld" and "Monte Corona, presso il Contatto, verso il M. Cerchio" could belong to the Corona or the Pizzul formations since both formations are cropping out in close proximity due to faults. Gugga 1 and 2 lay at the boundary between the Corona

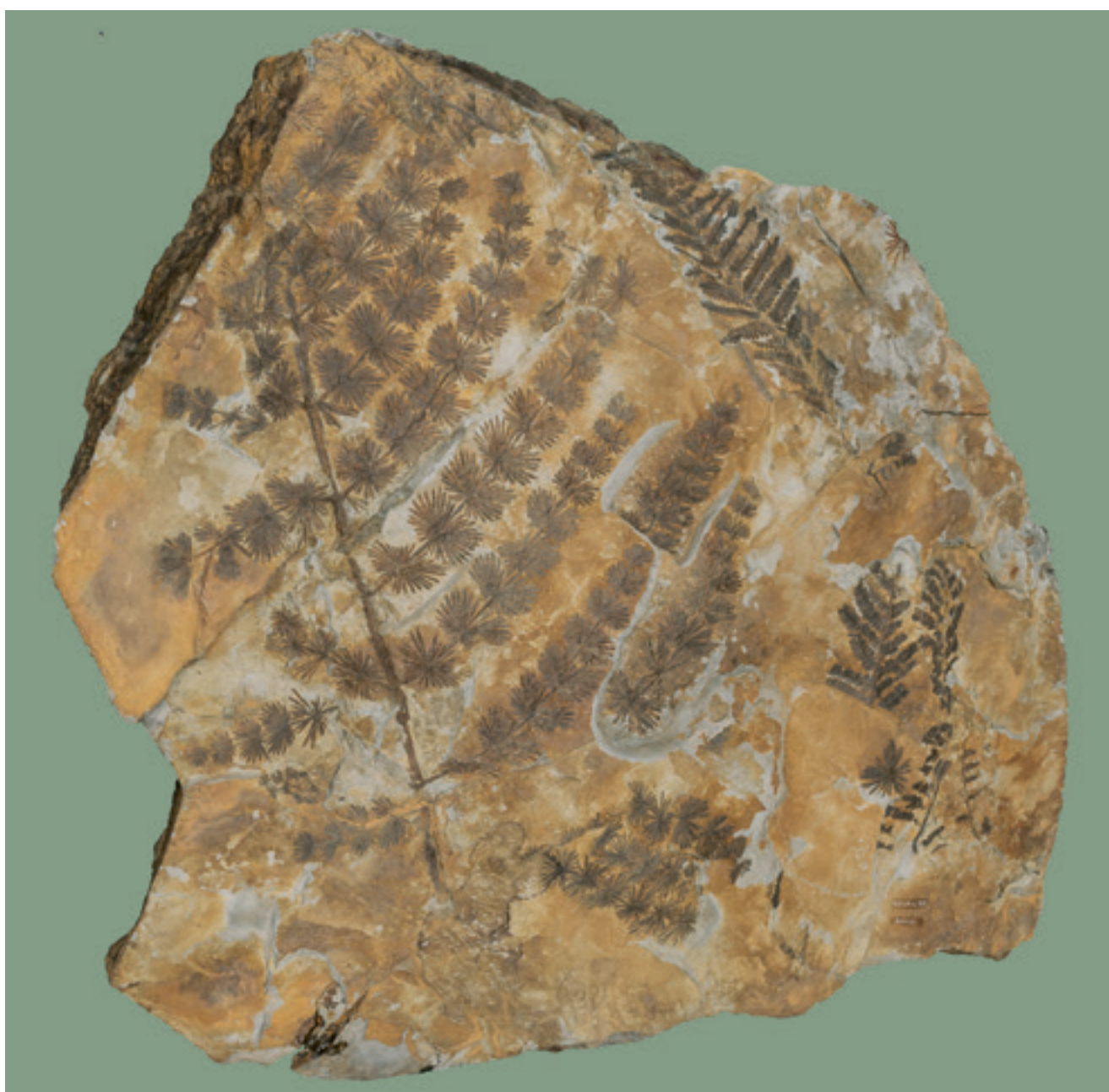



Fig. 8 - *Annularia carinata* and *Polymorphopteris* from the Late Carboniferous of Mt Corona (Pramollo Pass; MFSN gp 985).
- Annularia carinata *and* Polymorphopteris *dal Carbonifero superiore del Monte Corona (Passo Pramollo; MFSN gp 985).*

Fig. 9 - *Polymorphopteris* from the Upper Carboniferous of Mt Corona (Pramollo Pass; MGC 332001).
- Polymorphopteris *dal Carbonifero superiore del Monte Corona (Passo Pramollo; MGC 332001).*

Fig. 10 - Part of the trunk of an sphenophyte (*Calamites carinatus*) from Mt Corona (Pramollo Pass; MFSN gp 989).
- *Parte del tronco di un equiseto (*Calamites carinatus*) dal Monte Corona (Passo Pramollo; MFSN gp 989).*

and the Auernig formations, whereas Gugga 3 and Garnitzenberg 1 are assigned respectively to the lower and upper part of the Auernig Formation. It is difficult to assign the samples from the "Monte Carnizza" site to any formation, since the area is subjected to strong tectonic disruptions. The most likely assignement is to the Auernig Formation, although this interpretation is far from certain. The Carnizza Formation is the youngest Carboniferous formation yielding plant remains, mostly in the outcrops of Garnitzenberg 2 and 3, Hüttengraben and Schulterkofel. The specimens from Creta di Lanza probably belong to the Carnizza Formation. In any case they come from the upper part of the Pramollo Group. Additional localities (e.g., Rio degli Uccelli, Passo Pramollo, Pontebba, Rio Bombaso) are not localized geographically well enough for the assignment to any specific stratigraphic level.

The strictly clastic formations (Meledis, Corona and Carnizza) are much more fossiliferous than those characterized by an alternation of siliciclastic and marine beds (Pizzul and Auernig formations). Although plant remains are abundant throughout the stratigraphic succession of the Pramollo Group, the relative abundance and richness of specific taxa changes through time.

The Bombaso Formation has only few fossiliferous layers, with few taxa of sphenophytes (*Annularia sphenophylloides, Calamites cistii, Sphenophyllum oblongifolium*), lycophytes (*Cyperites bicarinatus, Leptostrobophyllum lanceolatum, Stigmaria ficoides, Syringodendron* sp.) and ferns or seed ferns (*Callipteris pteridium*, *Linopteris neuropteroides*, *Pecopteris candolleana, P. polymorpha, P. schlotheimii* and *P. unita*).

Lycophytes are rare in the plant assemblages of the Carnic Alps. Nonetheless, they are represented by a

Fig. 11- Branch of a sphenophyte (*Annularia sphenophylloides*) from the Corona Formation (Upper Carboniferous), Mt Corona (Pramollo Pass; MFSN gp 1121).
- *Ramo di un equiseto arboreo (*Annularia sphenophylloides*) dalla Formazione del Monte Corona (Carbonifero Superiore) Monte Corona (Passo Pramollo; MFSN gp 1121).*

surprising diversity (9 taxa), with isolated sporophylls (*Lepidostrobophyllum triangulare*, *L. lanceolatum*), fragments of strobili (*Sigillariostrobus* sp.), leaves (*Cyperites bicarinatus*), root fragments (*Knorria* sp., *Stigmaria licoides*) and different types of stem fragments (*Syringodendron* sp., *Sigillaria brardii*, *Asolanus camptotaenia*). *Cyperites bicarinatus* has been found in most fossiliferous localities and is missing only from the Pizzul Formation. Lycophytes are rare in the Pizzul Formation (*Syringodendron*) and the Auernig Formation (*Cyperites*), the two formations that show a marine influence in the succession.

The sphenophytes are much more abundant and diverse and are represented by both arborescent and herbaceous plants (21 taxa in total). Both foliage, stems and fertile organs of the arborescent sphenophytes are preserved. With four different species, the genus *Annularia* (Figs. 8 and 11) is the most diverse among adpressions, including both isolated whorls and leafy shoots bearing several whorls of leaves (*Annularia radiata*, *A. sphenophylloides*, *A. stellata*, *A. spicata*). On the other hand, *Asterophyllites equisetiformis* is very rare. *Calamites cistii*, *C. cruciatus*, *C. suckowii*, *C.* (*Diplocalamites*) sp. and *Mesocalamites schutzeiformis* are mostly fragments of large single stems preserved as pith casts in sandy siltstone, sometimes with visible branch scars, more rarely as impressions of the external surface with leaf scars. Cone fragments with articulated and vertically striated axes and perpendicularly attached bracts are rare but relatively diverse with three different taxa (*Calamostachys tuberculata, Macrostachya infundibuliformis, Palaeostachya* sp.). Remains of sphenophyte roots (*Radicites* sp.) are restricted to the lower part of the succession.

The herbaceous horsetails are predominantly represented by isolated leaf whorls or parts of leafy axes of *Sphenophyllum* species (*S. alatifolium*, *S. angustifolium*, *S. fimbriatum*, *S. incisum*, *S. longifolium*, *S. oblongifolium, S. thonii* var. *minor*). In this case as well, the siliciclastic formations are characterized by a considerably higher diversity and abundance in sphenophyte remains. In the Auernig Formation, the sphenophyte remains are restricted to stems (*Calamites* (*Diplocalamites*) sp.) and corresponding whorls of micophylls (*Annularia sphenophylloides*, *A. stellata*). The stratigraphically older Pizzul Formation, on the other hand, yielded stems (*Mesocalamites schutzeiformis*) and reproductive organs (*Palaeostachya* sp.) of arborescent sphenophytes but also axis fragments of herbaceous sphenophytes (*Sphenophyllum fimbriatum*, *S. oblongifolium*).

The group of the Pteridophylla is the most diverse in the flora, containing putative fern, seed fern and even putative cycadophyte taxa. The ferns are represented by two different orders, the Marattiales and the Filicales. The Marattiales are the most diverse and abundant. The most diverse genus is *Pecopteris* with 11 different species or varieties (*P. acuta, P.* aff. *miltonii, P. arborescens, P. candolleana, P. feminaeformis, P. hemitelioides, P. oreopteridia, P. polymorpha* v. *major, P. polymorpha* v. *minor, P. schlotheimii, P. unita*). They are commonly preserved as penultimate pinna fragments with several ultimate pinnae and pinnules. In most cases, only the sterile fronds are present, fertile fronds occur rarely. The other genera of Marattiales are much rarer with only up to three different species, such as the fertile genus *Asterotheca* (*A. sternbergii, A. schlotheimii, A. sternbergii*) and the sterile genus *Acitheca* (*A. polymorpha*). Also assignable to the Marattiales are the different types of *Aphlebia* (*A. adnascens, A. elongata, A.* sp.). *Sphenopteris* is a genus of fern-like leaves with generally uncertain botanical affinity. Three taxa of sterile fragments of penultimate pinnae have been identified in the flora (*S. nummularia, S. rutaefolia, Sphenopteris* sp. div.).

Seed ferns are abundant in the flora and represented by two different orders. The Callistophytales include the two leaf genera *Dicksoniites (*represented by *D. plukenetii*) and *Pseudomariopteris* (with the species *P. busquetii*). The more abundant and diverse order are the Medullosales, with the typical late Paleozoic leaf genera *Alethopteris* (*A. ambigua, A. bohemica*), *Neuropteris* (*N. auriculata, N. cordata, N. ovata, N. ovata* f. *ovata*), *Odontopteris* (*O. alpine, O. brardii, O. minor*), *Callipteridium* (*C. gigas, C. pteridium*) and *Linopteris* (*Linopteris neuropteroides*, *L. neuropteroides major*). The seeds *Pachytesta gigantea* and *Trigonocarpus* sp. also belong to the Medullosales. The medullosalean family Cyclopteridaceae is represented by *Cyclopteris fimbriatum* and *Cyclopteris* sp.

The last group documented from the flora is the order Cordaitanthales. It is represented by leaves (*Cordaites principalis*), reproductive organs (*Cordaitanthus* sp.) and seeds (*Samaropsis fluitans*).

Of unknown botanical affinity is *Kahleria carinthiaca*, which was described for the first time from the Carboniferous of the Carnic Alps, as well as the seeds assigned to *Carpolithes* sp., the reproductive organ *Ptychocarpus unitus* and the leaf genus *Taeniopteris*, present with two species (*Taeniopteris jejunata*, *T. multinervis*).

Discussion

The so far most complete overview of the Carboniferous (Pennsylvanian) flora of the Carnic Alps reported 92 taxa from the Pramollo Group (Fritz 1990; Fritz & Boersma 1990). However, this number also includes various disarticulated organs of the same plants (foliage, stem, roots, decorticated sigillarian stem *Syringodendron*) or sterile and fertile equivalents of the same plant in the case of ferns (e.g., *Pecopteris unita* and *Ptychocarpus unitus*). For this reason, these 92 species do not represent the biological plant diversity of the Pramollo Group. Moreover, modern stratigraphy and taxonomy of Pennsylvanian floras from Europe developed progressively over the last century. This is why a systematical revision of the flora is currently being carried out.

The overview of the historical collections was based on Fritz et al. (1990), where 78 taxa are plotted against 19 different sampling levels arranged in in their stratigraphic position within the Pramollo Group. These 78 taxa represent about 48 whole-plant species (12 sphenophyte, 5 lycopsid, 14 fern, 16 pteridosperm and 2 cordaitalean taxa), which are more reflective of biological diversity.

Concerning diversity in individual formations of the Pramollo Group, substantial differences have been observed between the exclusively clastic formations Meledis, Corona, Carnizza and the marine-influenced Auernig and Pizzul formations. The sediments of the Bombaso Formation are probably too coarse to yield well-preserved plant remains. The Carnizza Formation, on the other hand, yielded the most diverse plant assemblages.

Although the examined material is relatively rich and allows for an estimation of the diversity of major plant groups, the analysis of relative abundances of plant groups is problematic. This is because the collection material represents a selection of fossils found in debris only, and does not necessarily represent the original proportions of populations of major plant groups in the vegetation cover, with the exception of the excavations by the Museo Friulano di Storia Naturale in Udine (Fig.

5), where the collecting bias can be considered to be very low. Moreover, the sometimes poor preservation of the plant remains makes species (and sometimes also genus) assignments difficult.

Considering the possible age of the various formations, the Bombaso Formation could be attributed to a "Cantabrian" (Moscovian-Kasimovian) age (Krainer in Venturini 1990; Fritz & Krainer 1995, 2006). The presence of *Linopteris neuropteroides* var. *major*, *Sphenophyllum angustifolium* and *Pseudomariopteris busquetii*, as well as the high abundance of *Neuropteris cordata* and *N. ovata* would assign the Meledis Formation to the Gzhelian *Sphenophyllum angustifolium*-Zone (e.g., Fritz & Krainer 2006).

The presence of *Pseudomariopteris busquetii* attributes the plant assemblages of the Pizzul Formation and the lower Corona Formation to the *Sphenophyllum angustifolium*-Zone (see Fritz 1980; Fritz et al. 1990; Fritz & Krainer 1993, 2007). *Linopteris neuropteroides* and *Neuropteris cordata* disappear in the upper part of the Corona formation, while an appearance of *Lebachia* has been observed (Fritz & Krainer 1993, 2006). The plant assemblage from the Auernig Formation is characterized by the appearance of *Autunia conferta* (Fritz & Boersma 1983; Fritz & Krainer 2007).

Microflora

The Carboniferous microfloras of northern Italy is poorly studied. A palynological study was carried out in the Hochwipfel Formation, the oldest succession containing plant remains (Francavilla 1966). This microflora is dominated by spores such as *Laevigatosporites vulgaris, Dictyotrilites bireticulatus, Verrucosisporites firmus, Lycospora torquifer* and *Densosporites faunus* (Francavilla 1966). The age of the formation is still disputed. The macrofossils (plants and animals) indicate a middle Visean-Bashkirian age for this formation (Venturini et al. 2009), the palynomorphs would restrict its age to the lower Bashkirian ("Namuriano B" according to Francavilla 1966).

Recently, Kabon & Schönlaub (2019) refer the lower part of this formation to the middle to upper Visean, the middle part to the Serpukhovian and the upper part to the Bashkirian-Moscovian.

Conclusions

The plant diversity of the Carboniferous (Pennsylvanian) flora of the Carnic Alps is quite high (48 whole-plant species) and is comparable in diversity and species composition to coeval floras from Spain (Wagner & Álvarez-Vázquez 2010), the Czech Republic (Opluštil & Cleal 2007) and the Karawanks (Pšenička et al. 2015). This indicates that the Carnic Alps flora is a potentially important stratigraphic pillar for the southern part of Europe. The fact that the plant-bearing succession of the up to 1200 m thick Pramollo Group is intercalated with marine bands (mostly limestones) provides more detailed biostratigraphic constraints and enables the correlation of biostratigraphic zones between marine and terrestrial environments (Vai & Venturini 1997). This, however, will require a more detailed study of the Carboniferous floras and faunas of the Carnic Alps.

Manuscript received on 13.IX.2019, accepted on 11.X.2019.

Acknowledgements

This pubblication has been published within the framework of the Interreg Italia-Austria 2014-2020 project "GeoTrAC - Transborder Geopark of the Carnic Alps".
Thanks to Carlo Corradini for his useful contribution.

References

Anonym. 1851. Notizen. *Carinthia* 40 (19): 76.
Barretti, M. 1879. Studi geologici sulle Alpi Graie Settentrionali. *Reale Accad. dei Lincei. Serie 3a, Mem. Cl. sc. fisiche, matem. nat.*, 3, seduta del 6 aprile 1879.
Berger, W. 1960. Neue Funde von Oberkarbonpflanzen in den Auernigschichten (Kärnten). *Verhandl. Geolog. Bundesanst.* 1960: 253-61.
Boué, A. 1835. Constit. Géolog. Des provinces illyriennes. *Mém. Soc. géol. de France* 2: 53-5.
Bozzi, L. 1890. La Flora carbonifera del Monte Pizzul. *Boll. Soc. Geol. It.* 9: 71-85.
Curioni, G. 1865. Di alcuni vegetali dell'epoca carbonifera scoperti nei monti della Val Camonica. *Rend. Reale Ist. Lombardo* 2: 214-6.
Curioni, G. 1870. Osservazioni geologiche sulla Val Trompia. *Mem. Reale Ist. Lomb. scienze e lettere* serie III, 2: 1-60.
Davydov, V., & K. Krainer. 1999. Fusulinid Assemblages and Facies of the Bombaso Fm. and basal Meledis Fm. (Moscovian-Kasimovian) in the Central Carnic Alps (Austria/Italy). *Facies* 40: 157-96.
De Zigno, A. 1858. Del terreno carbonifero delle Alpi Venete. *Atti Ist. Veneto scienze, lettere ed arti* serie III, 3: 1-12.
Fenninger, A., & H.P. Schönlaub. 1972. Das Paläozoikum der Karnischen Alpen. In *Führer zu den Exkursionen der 42. Jahresversammlung der Paläontologischen Gesellschaft Graz*, 1972: 18-60.
Forke, H.C., & E. Samankassou. 2000. Biostratigraphical correlation of Late Carboniferous (Kasimovian) sections in the Carnic Alps (Austria/Italy): Integrated paleontological data, facies, and discussion. *Facies* 42: 177-210.
Francavilla, F. 1966. Spore nel Flysch Hochwipfel. *Giorn. Geol.* 2: 493-526.
Francavilla, F. 1974. Stratigraphie de quelques paléoflores des Alpes Carniques. *C. R. Congr. Int. Str. Géol. Carbonif.* 3: 89-110.
Frech, F. 1894. Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgstektonik. *Abhand. Naturforsch. Gesellschaft* 18: 1-514.

Frech, F. 1894. *Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgstektonik*. Halle: Max Niemeyer.

Fritz, A. 1980. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1980. *Carinthia II* 170/90: 221-38.

Fritz, A. 1990a. Stratigraphisch-floristischer Rückblick. *Carinthia II* 180/100: 173-80.

Fritz, A. 1990b. Zur Geschichte der paläobotanischen Forschung in Kärnten. *Carinthia II, Sonder.* 49: 181-91.

Fritz, A., & M. Boersma. 1981. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1981, Beitrag 2: Pflanzengroßreste aus dem Stefan (Oberkarbon) der Schulter, Karnische Alpen. *Carinthia II* 171/91: 387-414.

Fritz, A., & M. Boersma. 1983a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1983, Beiträge 3 und 4. *Carinthia II* 173/93: 19-41.

Fritz, A., & M. Boersma. 1983b. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1983, Beitrag 5. *Carinthia II* 173/93: 315-37.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984. Beitrag 6: Ofenalm (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 9-20.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984b. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984. Beitrag 7: Schlanitzer Almweg (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 21-35.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984c. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984. Beitrag 8: Grenzlandbänke (Rudnìgsattel, Unterperm), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 59-69.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984d. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1984. Beitrag 9: Krone (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 174/94: 145-75.

Fritz, A., & M. Boersma. 1984e. Beitrag zur Oberkarbonflora der Königstuhl-Nordwand, Aufsammlung Dr. E. Ebermann. *Carinthia II* 174/94: 267-86.

Fritz, A., & M. Boersma. 1985. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1985. Beitrag 10: Watschiger Alm (Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 175/96: 311-34.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986a. Makropaläobotanische Ergebnisse zur Stratigraphie jungpaläozoischer Ablagerungen in den Karnischen Alpen, Österreich. *Carinthia II* 176/96: 19-37.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986b. Fundberichte über Pflanzen-fossilien aus Kärnten 1986 Beitrag 11: Tomritschrücken (Unter-Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 176/96: 69-85.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986c. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986 Beitrag 13: Zollnersee (Unter-Stefan), Karnische Alpen. *Carinthia II* 176/96: 147-65.

Fritz, A., & M. Boersma. 1986d. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986 Beitrag 14: Hüttengraben (Ober-Stefan), Rattendorfer Alm, Karnische Alpen. *Carinthia II* 176/96: 241-62.

Fritz, A., & M. Boersma. 1987a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1987. Beitrag 15: Wunderstätten (Unterperm), St. Pauler Berge. *Carinthia II* 177/97: 381-94.

Fritz, A., & M. Boersma. 1987b. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1988 Beitrag 16: Kötschach, Gailtaler Alpen (Unterperm). *Carinthia II* 177/97: 395-407.

Fritz, A., & M. Boersma. 1988a. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1988 Beitrag 17: Ulrichsberg (Unterperm) Kärnten. *Carinthia II* 178/98: 437-46.

Fritz, A., & M. Boersma. 1988b. Beitrag zur Flora des Königstuhl-Karbons Aufsammlung Dr. E. Ebermann Nachtrag 1988. *Carinthia II* 178/98: 495-502.

Fritz, A., & M. Boersma. 1990a. Die steinkohlenzeitliche Pflanzenwelt Kärntens in ihrer fossilen Überlieferung. *Carinthia II, Sonder.* 49: 15-108.

Fritz, A., & M. Boersma. 1990b. Die Paläofloren Kärntens: OberKarbon/UnterPerm. *Carinthia II, Sonder.* 49: 133-72.

Fritz, A., & K. Krainer. 1993. Eine neue Megaflora aus dem Stefan der Kronalpe. *Carinthia II* 183: 485-517.

Fritz, A., & K. Krainer. 1994. Die Megaflora „Garnitzenberg-Südost alpha“ aus der Auernig-Schichtgruppe der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 184/104: 441-65.

Fritz, A., & K. Krainer. 1995. Die Megaflora Tomritsch-3 und Tomritsch-6 aus den oberkarbonen Auernigschichten der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 185/105: 553-83.

Fritz, A., & K. Krainer. 1997. Eine oberkarbone Megaflora von der Nordseite des Stangnocks, Gurktaler Alpen. *Carinthia II* 187/107: 325-56.

Fritz, A., & K. Krainer. 2006. Vegetationsgeschichtliche und florengeographische Untersuchungen im Oberkarbon und Unterperm der Ost- und Südalpen (Teil 1). *Carinthia II* 196/116: 93-120.

Fritz, A., & K. Krainer. 2007. Vegetationsgeschichtliche und florengeographische Untersuchungen im Oberkarbon und Unterperm der Ost- und Südalpen (Teil 2). *Carinthia II* 197/117: 91-148.

Fritz, A., H.P. Schönlaub & M. Boersma. 1986. Fundberichte über Pflanzenfossilien aus Kärnten 1986 Beitrag 12: Eine Oberstefan-Flora aus den „Grenzlandbänken“ der Treßdorfer Alm (Karnische Alpen, Naßfeld). *Carinthia II* 176/86: 125-33.

Fritz, A., M. Boersma & K. Krainer. 1990. Steinkohlenzeitliche Pflanzenfossilien aus Kärnten, *Carinthia II, Sonderh.* 49: 1-120.

Geinitz, H.B. 1869. Über fossile Pflanzenreste aus der Dyas von Val Trompia. *Neues Jahrb. Miner. Geol. Paläontol.*: 456-61.

Geyer, G. 1897. Über die geologischen Verhältnisse im Pontafeler Abschnitte der Karnischen Alpen. *Jahrb. K.-K. Geol. Reichsanst.* 46, 127-234.

Gortani, M. 1905. Relazione sommaria delle escursioni fatte in Carnia dalla Società Geologica Italiana nei giorni 21-26 agosto 1905. *Boll. Soc. Geol. It.* 24 (1): 64-75.

Gortani, M. 1906. Sopra alcuni fossili neocarboniferi delle Alpi Carniche. *Boll. Soc. Geol. It.* 25: 257-76.

Gortani, M. 1910. Osservazioni geologiche sui terreni paleozoici dell'alta valle di Gorto in Carnia. *Rend. Reale Ass. Scient.* 1910: 9.

Gortani, M. 1912. Rinvenimento di filliti neocarbonifere al Piano di Lanza (Alpi Carniche). *Boll. Soc. Geol. It.* 30: 909-12.

Heer, O. 1876. *Flora fossilis Helvetiae*. Zürich: Wurster & Co.

Heritsch, F., F. Kahler & K. Metz. 1933. Die Schichtfolge von Oberkarbon und Unterperm. In *Stratigraphie von Oberkarbon und Unterperm in den Karnischen Alpen*, cur. F. Heritsch, 162-89. Mitteilungen der geologischen Gesellschaft Wien 26.

Höfer, H. 1869. Vorläufige Notiz über das Anthrazit-Vorkommen in der Nähe der Ofenalpe bei Pontafel. *Jahrb. Naturhist. Landesmuseums Kärnten* 10: 182-9.

Hohenwart, S. von. 1783. Tagebuch einer Reise nach der Stangalpe unweit Turrach in Steyermarck, vom Jahre 1779.

Fragmente zur mineralogisch und botanischen Geschichte Steyermarks und Kärnthens 1: 19-35.

Jongmans, W.J. 1938. Die Flora des „Stangalpe"-Gebietes in Steiermark. In *C. R. 2e Congr. Pour l'avancement des études de Stratigraphie Carbonifere, Heerlen 1935,* Tome III: 1259-98. Maastricht.

Jongmans, W.J. 1950. Mitteilungen zur Karbonflora der Schweiz. Part I. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 43 (2): 95-104.

Kabon, H., & H.P. Schönlaub. 2019. *Das geologische Geheimnis der Hochwipfel Formation der Karnischen Alpen (Österreich/Italien).* Klagenfurt: Naturwissenschaftlicher Verein für Karnten.

Kahler, F., & G. Kahler. 1980. Fusuliniden aus den Kalken der Trogkofel-Schichten der Karnischen Alpen. In *Die Trogkofel-Stufe im Unterperm der Karnischen Alpen*, cur. E. Flügel, 183-254. Carinthia II, Sonderh. 36.

Kahler, F. 1983. Fusuliniden aus Karbon und Perm der Karnischen Alpen und der Karawanken. *Carinthia II, Sonderh.* 41: 1-107.

Kahler, F. 1985. Oberkarbon und Unterperm der Karnischen Alpen. Ihre Biostratigraphie mit Hilfe der Fusuliniden. *Carinthia II, Sonderh.* 42: 1-93.

Kahler, F. 1986. Ein Normalprofil der Fusuliniden-Stratigraphie im Oberkarbon und Unterperm der Karnischen Alpen. *Carinthia II* 176/86: 1-17.

Kahler, F. 1989. Die Fusuliniden. In *Foraminifera Palaeozoica*, cur. F. Ebner & F. Kahler, 87-272. Anzeiger der österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien, Catalogus Fossilium Austriae II/B/1.

Kaiser, S. 1971. *Beitrag zur Geologie des Raumes um den Ulrichsberg NNW von Klagenfurt, Kärnten*. Unpub. PhD, Wien.

Kielhauser, G.E. 1937. Eine Karbonflora von Hüttengraben (Rattendorfer Alm) in den Karnischen Alpen. *Anzeiger österreich. Akad. Wissenschaften in Wien* 1-3.

Knight, J.A., & R.H. Wagner. 2014. Proposal for the recognition of a Saberian Substage in the mid-Stephanian (West European chronostratigraphic scheme). *Freiberger Forschungshefte* C548 (22): 179-95.

Krainer, K., & V. Davydov. 1998. Facies and biostratigraphy of the Late Carboniferous/Early Permian sedimentary sequence in the Carnic Alps (Austria/Italy). *Geodiversitas* 20 (4): 643-62.

Krainer, K. 1990. Zur faziellen Entwicklung Pflanzenfossilführender Oberkarbon und Unterpermsedimente Kärntens. *Carinthia II, Sonderh. 49*: 109-32.

Krainer, K. 1992. Fazies, Sedimentations prozesse und Paläogeographie im Karbon der Ost- und Südalpen. *Jahrb. der Geol. Bundesanst.* 135 (1): 99-193.

Krause, P.G. 1928. Über *Asterocalamites scrobiculatus* (Schloth.) Zeiller im Kulm der Karnischen Hauptkette. *Jahrb. der preußischen geologischen Landesanstalt Berlin* 49: 634-40.

Magnani, M. 1946. Sulla presenza di terreni spettanti al Carbonifero nei monti di Menaggio (Valle Sanagra). *Atti Regia Accad. Sc. Torino* 80 (1): 199-206.

Massari, F., M. Pesavento & C. Venturini. 1991. The Permian-Carboniferous cyclothems of the Pramollo Basin sequence (Carnic Alps). *Giorn. Geol.* 53 (1): 171-85.

McCann, T. 2008. *The Geology of Central Europe. Volume 1: Precambrian and Palaeozoic*. London: The Geological Society.

Morlot, A. von. 1850. Über die geologischen Verhältnisse von Oberkrain. *Jb. K.-K. Geol. Reichsanst.* 1 (3): 389-411.

Novak, M., & D. Skaberne. 2009. Upper Carboniferous and Lower Permian. In *The Geology of Slovenia*, cur. M. Pleničar, B. Ogorelec & M. Novak, 99-136. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.

Opluštil, S., & C.J. Cleal. 2007. A comparative analysis of some Late Carboniferous basins of Variscan Europe. *Geological Magazine* 144: 417-48.

Opluštil, S., M. Schmitz, C.J. Cleal & K. Martínek. 2016. A review of the Middle-Late Pennsylvanian west European regional substages and floral biozones, and their correlation to the Global Time Scale based on new U-Pb ages. *Earth Science Review* 154: 301-35.

Pasini, M. 1963. Alcuni fusulinida della serie del M. Auernig (Alpi Carniche) e loro significato stratigrafico. *Riv. Ital. Paleont*. 69(3): 337-82.

Pittau, P., M. Del Rio & A. Funedda. 2008a. Relationships between plant communities characterization and basin formation in the Carboniferous-Permian of Sardinia. *Boll. Soc. Geol. It. (Italian Jour. Geosciences)* 127 (3): 637-53.

Pittau, P., M. Del Rio, F. Cotza, A. Ronchi, G. Santi & R. Gianotti. 2008b. Pennsylvanian miospore assemblages from the Bèdero Section, Varese, Italian Southern Alps. *Revue de Micropaléont.* 51: 133-66.

Placer, L. 1999. Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija* 41: 223-55.

Pšenička, J., S. Opluštil, A. Ronchi & Z. Simunek. 2012. Revision of the Pennsylvanian flora from Val Sanagra in western part of the southern Alps (Italy). *Folia* 46 (1-2): 31-71.

Pšenička, J., S. Opluštil A. Ronchi, Z. Simunek, G. Santi & A. Selva. 2013. The oldest flora from the Southern Alps (Italy): the Val Sanagra Pennsylvanian flora revisited. In *The Carboniferous-Permian Transition*, cur. S.G. Lucas et al., 325-6. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 60.

Pšenička, J., T. Kolar-Jurkovšek, S. Opluštil & M. Novak. 2015. Stephanian fossil flora from paralic Carboniferous deposits of the Jesenice Area (Slovenia) and its comparison with Czech Localities. *Folia Musei Rerum Natur. Bohemiae Occid. Geol. Paleobiol.* 48: 21-64. 10.2478/fbgp-2014-0003.

Reichardt, W. 1933. Eine Flora aus den höchsten Auernigschichten des Schulterkofels (Karnische Alpen). *Anzeiger Akad. Wissensch.* 1933: 1-2.

Reichardt, W. 1937. Die ostalpinen Naßfeldschichten - eine Brücke zwischen Mitteleuropa und Russland. In *C. R. 2e Congr. pour avancement des études de Stratigraphie Carbonifere, Heerlen 1935* Tome II: 919-1055. Maastricht.

Remy, W. 1969. Das höhere Stefan in den Karnischen Alpen und das Alter der Transgression der Auernig-Schichten. *Argumentae Palaeobotanicae* 3: 65-9.

Riehl-Herwisch, G. 1962. Vorläufige Mitteilung über einen Fund von pflanzenführendem Oberkarbon im Bereich des Christofberges, Mittelkärnten. *Der Karinthin* 45/46: 244-6.

Ronchi, A., E. Kustatscher, P. Pittau & G. Santi. 2012. Pennsylvanian floras from Italy: an overview of the main sites and historical collections. *Geologia Croatica* 65 (3): 299-322.

Schellwien, E. 1892: Die Fauna des karnischen Fusulinidenkalks. Teil I. *Palaeontographica* 39: 1-56.

Schneider, J.W., S.G. Lucas, F. Scholze, S. Voigt, L. Marchetti, H. Klein, S. Opluštil, R. Werneburg, V.K. Golubev, J.E. Barrick, T. Nemyrovska, A. Ronchi, M.O. Day, V.V. Silantiev, R. Rössler, H. Saber, U. Linnemann, V. Zharinova & S. Shen. in press. Late Paleozoic-early Mesozoic continental biostratigraphy - links to the Standard Global Chronostratigraphic Scale. *Palaeoword*.

Schönlaub, H.P., & H.C. Forke. 2007. Die post-variszische Schichtfolge der Karnischen Alpen - Erläuterungen zur Geologischen Karte des Jungpaläozoikums der Karnischen Alpen (1:12.500). *Abhand. Geolog. Reichsanst*. 61: 3-157.

Selli, R. 1963. Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. *Giorn. Geol.* 30 (2): l-121.

Simonetto, L., & C. Corradini. 2006. Il Paleozoico Carnico. In *Guida alle escursioni, Giornate di Paleontologia 2006*, cur. R. Melis, R. Romano & G. Fonda, 84-94. Trieste: Edizioni Università di Trieste.

Sordelli, F. 1896. *Flora fossile insubrica. Studi sulla vegetazione in Lombardia durante i tempi geologici*. Milano: Tipografia Cogliati.

Squinabol, S. 1887. Nota preliminare su alcune impronte fossili nel carbonifero superiore di pietratagliata. *Giornale della Società di Letture e Conversazioni Scientifiche di Genova* 10: 6-7.

Stache, G. 1874. Die paläozoischen Gebiete der Ostalpen. *Jahrb. K. -K. Geolog. Reichsanst*. 24 (2): 135-274.

Stefani, C. de.1887, II Permiano ed il Carbonifero nelle Alpi Marittime. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.* 6: 5-12.

Sternberg, G.K. 1820-1838. *Versuch einer geognostisch–botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt*. Leipzig/ Prag.

Stur, D.J.R. 1856. Die geologischen Verhältnisse der Täler der Drau, Isel, Möll und der Gail, ferner der Carnia im venezianischen Gebiet. *Jahrb. K.-K. Geol. Reichsanst* 7: 405-59.

Stur, D.J.R. 1868. Fossile Pflanzenreste aus dem Schiefergebirge von Tergove in Croatien. *Jahrb. Geol. Bundesanst.* 18: 131-8.

Stur, D.J.R. 1871. *Lunzer Sandstein. Geologie der Steiermark*. Graz: Verlag des geognostisch-montanen Vereines für Steiermark.

Stur, D.J.R. 1886. Obercarbonische Pflanzenreste vom Bergbau Reichenberg bei Assling in Oberkrain. *Verhandl. Geol. Reichsanst.* 1886: 383-5.

Taramelli, T. 1905. Adunanza straordinaria del 22 agosto 1905. *Boll. Soc. Geol. It.* 24: 56-7.

Tenchov, Y. 1978. Stratigraphy of the Carboniferous from Stangalps, Austria. *Geologica Balcanica* 8.1.

Tenchov, Y. 1980. Die paläozoische Megaflora von Österreich. *Verhandl. Geolog. Bundesanst.* 1980 (2): 161-74.

Thiedig, F., & D. Klusmann. 1974. Limnisches Oberkarbon an der Basis der postvarisischen Transgressionsserie in den St. Pauler Bergen Ostkärntens (Österreich). *Mitteil. Geol. -Paläontol. Instit. Universität Hamburg* 43: 81.

Tommasi, A. 1889. Sulla scoperta del Carbonifero del Monte Pizzul nel Alta Carnia. *Boll. Soc. Geol. It.* 8: 564-5.

Unger, F. 1840. Über ein Lager vorweltlicher Pflanzen auf der Stangalpe. *Steiermarkische Zeitschrift* 5 (1): 140-53.

Unger, F. 1869. Anthracit-Lager in Kärnthen. *Sitzungsber. Österreich. Akad. Wissensch. Wien, Mat. -Nat. Kl.* 60: 777-94.

Vachard, D., & K. Krainer. 2001: Smaller foraminifers of the latest Carboniferous Auernig Group, Carnic Alps (Austria/ Italy). *Riv. It. Paleont. Strat.* 107: 147-68.

Vai, G.B., & C. Venturini. 1997. Moskovian and Artinskian rocks in the frame of the cyclic Permo-Carboniferous of the Carnic Alps and related areas. In *Peri-Tethys: stratigraphic correlations*, cur. S. Crasquin-Soleau & P. de Wever, 173-86. Geodiversitas 19 (2).

Van Amerom, H.W.J., M. Boersma & G. Niedermayr. 1976. Notes of sedimentology and paleobotany of the Werfener Schichten in the western Gailtaler Alps near Kötschach (Carinthia, Austria). *Geologie en Mijnbouw* 55 (3-4): 218-26.

Van Amerom, H.W.J., & H. Kabon. 2000. Neue fossile Floren aus dem Nötscher Karbon 2. Teil. *Carinthia II* 190/110: 483-516.

Van Amerom, H.W.J., G. Flajs & G. Hunger. 1984. Die "Flora der Marinelli-Hütte" (mittleres Visé) aus dem Hochwipfel-flysch der Karnischen Alpen (Italien). *Mededelingen Rijks Geolog. Dienst* 37 (3): 1-41.

Van Amerom, H.W.J., M. Boersma & G. Riehl-Herwirsch. 1976. Zum Alter des "Karbons von Christophberg", Kärnten, Österreich. *Geologie en Mijnbouw* 55 (3-4): 211-2.

Van Amerom, H.W.J., M. Boersma, G. Niedermayr & E. Scheriau-Niedermayr. 1976. Das permische Alter der "Karbon"-Flora von Kötschach (Kärnten, Österreich). *Carinthia II* 166/86: 93-101.

Venturini, C., cur. 1990. *Field Workshop on Carboniferous to Permian Sequence of the Pramollo-Nassfeld Basin (Carnic Alps), Guidebook*. Udine: Arti Grafiche Friulane.

Venturini, C. 1990. *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali.* Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 36.

Venturini, C. 2002. La sequenza Permo-Carbonifera. In *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie (Friuli Venezia Giulia)*, cur. G.B. Vai, C. Venturini, G.B. Carulli & A. Zanferrari, 31-7. Guide Geol. Reg. SGI 9.

Venturini, C. 2006. *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 48.

Venturini, C., C. Spalletta, G.B. Vai, M. Pondrelli, S. Delzotto, C. Fontana, G. Longo Salvador & G.B. Carulli. 2009. *Note Illustrative al Foglio 031 Ampezzo, Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Università di Bologna, Apat-Servizio Geologico Nazionale.

Venzo, S., & L. Maglia. 1947. Lembi carboniferi trasgressivi sui micascisti alla "Fronte sedimentaria subalpina" del Comasco (Acquaseria di Menaggio-Bocchetta di S. Bernardo) e del Varesotto (Bèdero). *Atti Soc. It. Sc. Nat.* 85/86: 33-70.

Venzo, S. 1951. Les gisements nouveaux du Carbonifère (Westphalien) dans les Alpes Lombardes. In *C. R. du 3e Congrès de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère, Herleen 1951*, 647-9.

Vinassa de Regny, P. 1905. Rinvenimento della *Neurodontopteris auriculata* presso il Ricovero Marinelli. *Boll. Soc. Geol. It.* 24: 56-57

Vinassa de Regny, P. 1906a. Zur Kulmfrage in den Karnischen Alpen. *Verhandl. Geolog. Reichsanst.* 7: 238-40.

Vinassa de Regny, P. 1906b. Sull'estensione del Carbonifero superiore nelle Alpi Carniche. *Boll. Soc. Geol. It.* 25: 221-32.

Vinassa de Regny, P. 1906c. A proposito della esistenza del Culm nelle Alpi Carniche. *Rend. Reale Accad. Lincei* 5 (15): 647-9.

Vinassa de Regny, P. 1912 Piante neocarbonifere del Piano di Lanza (Carnia). *Riv. It. Paleont.* 18: 12-7

Vinassa de Regny, P., & M. Gortani. 1905. Fossili carboniferi del M. Pizzul e del Piano di Lanza nelle Alpi Carniche. *Boll. Soc. Geol. It.* 24 (2): 461-604.

Wagner, R.H., & C. Alvárez-Vázquez. 2010. The Carboniferous floras of the Iberian Peninsula: a synthesis with geological connotations. *Review Palaeobot. Palyn.* 162: 239-324.

Zwanzinger, G.A. 1872. Die urweltlichen Pflanzen Kärntens nach ihrem Alter und ihren Lagerstätten verzeichnet. *Carinthia II* 62: 97-104.

Zwanzinger, G.A. 1876. Die urweltlichen Pflanzen Kärntens nach ihrem Alter und ihren Lagerstätten verzeichnet. *Jahrb. des Naturhist. Landesmuseums Kärnten* 12: 71-90.

Zwanzinger, G.A. 1891. Die Steinkohlen-Flora der Kronalpe und ihre Stellung jene der Stangalpe, von Bleiberg, Afsling und der Wurmalpe bei Kaisersberg nächst Leoben. *Carinthia II* 81: 91-5.

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:
- Evelyn Kustatscher
  Museum of Nature South Tyrol
  Bindergasse/Via Bottai 1, I-39100 BOZEN/BOLZANO
  e-mail: Evelyn.Kustatscher@naturmuseum.it
- Hendrik Nowak
  Museum of Nature South Tyrol
  Bindergasse/Via Bottai 1, I-39100 BOZEN/BOLZANO
  e-mail: Hendrik.Nowak@naturmuseum.it
- Stanislav Opluštil
  Institute of Geology and Palaeontology, Faculty of Science
  Charles University, Albertov 6, CZ-12843 PRAGUE
  e-mail: oplustil@natur.cuni.cz
- Josef Pšenička
  Centre of Palaeobiodiversity, West Bohemian Museum in Pilsen
  Kopeckého sady 357/2, CZ-30100 PLZEŇ 3
- Luca Simonetto
  Museo Friulano di Storia Naturale
  via Sabbadini 22-32, I-33100 UDINE
  e-mail: luca.simonetto@comune.udine.it

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 40 (2018) | 49-55 | Udine, 10.XII.2019 | ISSN: 2038-0410

Giorgio Teruzzi
Giuseppe Muscio

THYLACOCEPHALANS FROM THE ANISIAN (MIDDLE TRIASSIC) OF THE CARNIC ALPS

THYLACOCEPHALA (ARTHROPODA, CRUSTACEA?) NELL'ANISICO (TRIASSICO MEDIO) DELLE ALPI CARNICHE

Riassunto breve - Sono descritti tre esemplari incompleti di Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea?) rinvenuti nell'Anisico (Triassico medio) delle Alpi Carniche. I reperti, pur incompleti e mal conservati,, confermano la diffusione di forme con carapace ornamentato a strie subverticali nei depositi Triassici, nonchè la presenza nel Triassico alpino di ulteriori taxa che indicano una notevole diffusione e diversità locale di questi enigmatici artropodi.
Parole chiave: *Micriocaris*, Thylacocephala, Arthropoda, Alpi Carniche, Anisico.

Abstract - *We report here the discovery of three incomplete specimens of Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea?) from the Anisian (Middle Triassic) of the Carnic Alps. Although incomplete and poorly preserved, the findings confirm the diffusion of forms having a carapace ornamented with subvertical striations in Triassic deposits, as well as the presence in the Alpine Triassic of taxa indicating a relatively high local diffusion and diversity of these enigmatic arthropods.*
Key words: Micriocaris*, Thylacocephala, Arthropoda, Carnic Alps, Anisian.*

Introduction

Thylacocephala is a Class of extinct arthropods generally attributed to the Crustacea, albeit with uncertainty. It is characterized by a body enclosed almost completely within a bivalve phosphatic carapace, three pairs of large, anterior (thoracic?) appendages and a battery of smaller posterior (abdominal) limbs. A globular sac-like structure (after which the Class is named as *thylakos* in ancient Greek means "pouch") protrudes from the anterior margin of the carapace. Many authors regard this structure as a giant eye (cfr. Vannier et al, 2016) but authors of an "Italian school" consider it a "sac" of uncertain function (Pinna et al. 1985; Alessandrello et al. 1989).

Thylacocephalans are known from the Silurian to the Upper Cretaceous (Schram 2014). In the Lower Triassic, thylacocephalans have been found in the Olenekian of Madagascar (Arduini 1990), Japan (Ehiro et al. 2015), Idaho (USA) (Carbonnier et al. 2019) and China (Ji et al. 2017). Middle and Upper Triassic thylacocephalans have been discovered in the Alps, more specifically in the Upper Anisian of Slovenia (Križnar & Hitiji 2010), at the Anisian-Ladinian boundary of Besano (I)-Monte San Giorgio (CH) (Affer & Teruzzi 1999), in the Ladinian of the Grisons Canton (CH) (Bürgin et al. 1991), in the Carnian of Austria (Glaessner 1931; Forchielli & Pervesler, 2013) and in the Norian of Lombardy (Pinna 1974, 1976; Arduini & Brasca 1984), Carnic Prealps of Friuli (Dalla Vecchia & Muscio 1990; Arduini 1992; Dalla Vecchia 2012) and the central Apennines (Dalla Vecchia 1993).

Materials, provenance, age and taxonomical notes

The specimens described here are part of collections housed at the Museo Fruliano di Storia Naturale di Udine (MFSN gp 20559 and MFSN gp 20560) and at the Museo Geologico della Carnia di Ampezzo (MGC 332203), Udine Province, NE Italy.

They come from the Mt. Bivera Massif, a significant high ground of the Carnic Alps located between the towns of Forni di Sotto, Forni di Sopra and Sauris (upper valley of the Tagliamento River, Udine Province; Fig. 1). More precisely, specimens were discovered in the Pian delle Streghe locality (Fig. 2), a vast inclined plateau (at an altitude of 2150-2200 a.s.l.) with a particular hummocked morphology linked to the presence of extensive deposits of debris and moraines, found in an area delimited by the peaks of Mt. Bivera, Mt. Clapsavon and Mt. Zauf.

The specimens came from the Dont Formation, which is composed of about 35 m of blackish nodular limestones and pelites and is referred to the Pelsonian (Upper Anisian) (Rieppel & Dalla Vecchia 2001). In the Carnian area, this formation has yielded also radiolarians, small ammonoids, as well as *Saurichthys* and ichthyosaur remains (*Cymbospondylus* and *Mixosaurus*) (Rieppel & Dalla Vecchia 2001; Dalla Vecchia 2008, 2010). The Dont Formation is a basinal unit deposited after the dismemberment and subsidence of the carbonate platform of the Popera Dolostone during the late Anisian (Venturini 2006).

Fig. 1 - *Map with Mt. Bivera position (red dot).*
- Mappa con la posizione del M. Bivera (pallino rosso).

Two of the specimens here described have a carapace ornated with dense, vertical striations, which is a type of ornamentation that is rather common in Triassic thylacocephalans. The first report of tylachocephalans with this kind of ornamentation from the Alpine Triassic was by Glaessner (1931), who described several specimens found in the Lunzner Beds (lower Carnian) in the central part of Austria. Glaessner (1931) erected the genus *Austriocaris*, containing the species *A. carinat*a and *A. striata*, and the Family Austriocarididae, which he nested within the phyllocarid crustaceans. Pinna (1974) erected the genus *Microcaris*, which contains the species *M. minuta*, for the middle-upper Norian specimens discovered in the Calcare di Zorzino Formation at Cene, in the Brembo Valley (Bergamo, NW Italy). Arduini & Brasca (1989) erected the genus *Atropicaris* for the specimens found in the upper Norian Argillite di Riva di Solto Formation at Ponte Giurino, in Imagna Valley (Bergamo NW Italy).

Fig. 2 - The "Pian delle Streghe" (Mt Bivera): the area from which the described specimens come.
- *Il Pian delle Streghe (Monte Bivera), l'area da cui provengono i reperti descritti.*

Specimens attributed to *Atropicaris* have been reported from the Besano Formation at the Anisian-Ladinan boundary (Affer & Teruzzi 1994) and in Grisons Canton (Bürgin 1991). Similar forms have been reported from the Dolomia di Forni (Norian) in the northern side of the Carnic Prealps in Friuli (Dalla Vecchia & Muscio 1990) and from the Norian of Filettino, in Lazio (Central Italy; Dalla Vecchia 1993).

Specimens with similar ornamentation, but placed in the genus *Thylacocephalus* have been found only in the Santonian (Upper Cretaceous) of Lebanon (Lange et al. 2001).

The current study is not a detailed systematic revision; however, on the basis of the re-examination of most of the specimens described in the cited papers, which are kept at the Natural History museums of Milan, Bergamo and Udine in Italy and at the Natural History Museum of Wien and the Geological Survey of Austria, also in Wien, we have made some taxonomic considerations presented in the paragraph of the conclusions.

For the suprageneric classification, we followed that proposed by Schram (2014), which although regarded as tentative by the author himself, is nevertheless useful at a practical level given the current understanding of thylacocephalan relationships.

Systematic paleontology

Class Thylacocephala Pinna, Arduini, Pesarini & Teruzzi, 1982
Order Concavicarida Briggs & Rolfe, 1983
Family Microcarididae Schram, 2014
Genus *Microcaris* Pinna, 1974

Microcaris sp. indet.
(Fig. 3)

Material: one specimen, MGC 332203.
Description: The specimen consists of a very badly preserved bivalve carapace about 29 mm long. Anteriorly, the two valves are partially displaced. The thin carapace is reduced to a partial mosaic of still-in-place fragments. Relatively pronounced falcoid ribs are recognizable on some of the fragments. The rostrum is preserved anteriorly: it is continuous with the carapace.
Discussion: The attribution to *Microcaris* is based on the presence of the genus' characteristic ornamentation.

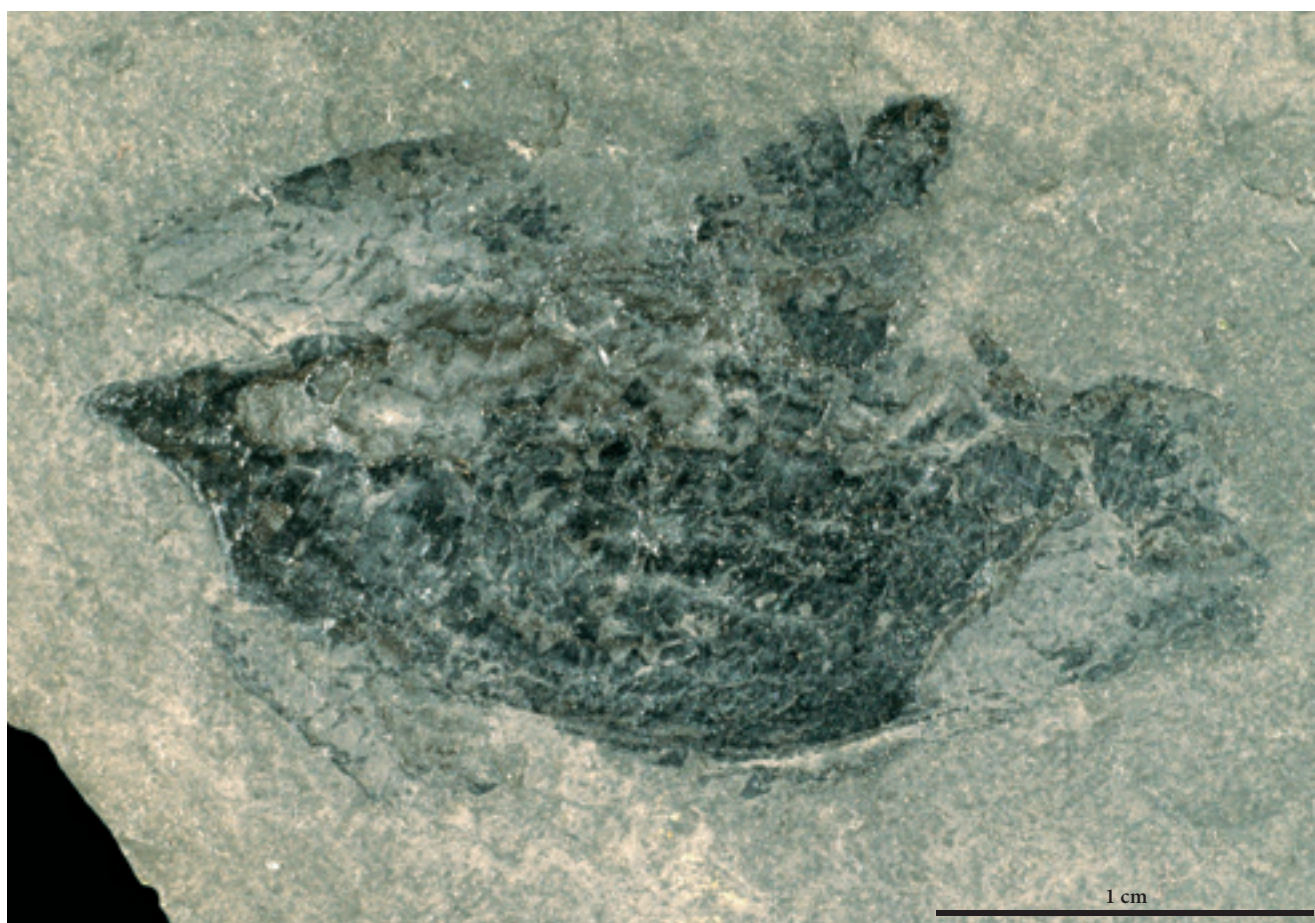



Fig. 3 - *Microcaris* sp. indet., es. MGC 332203.
- Microcaris *sp. indet., es. MGC 332203.*

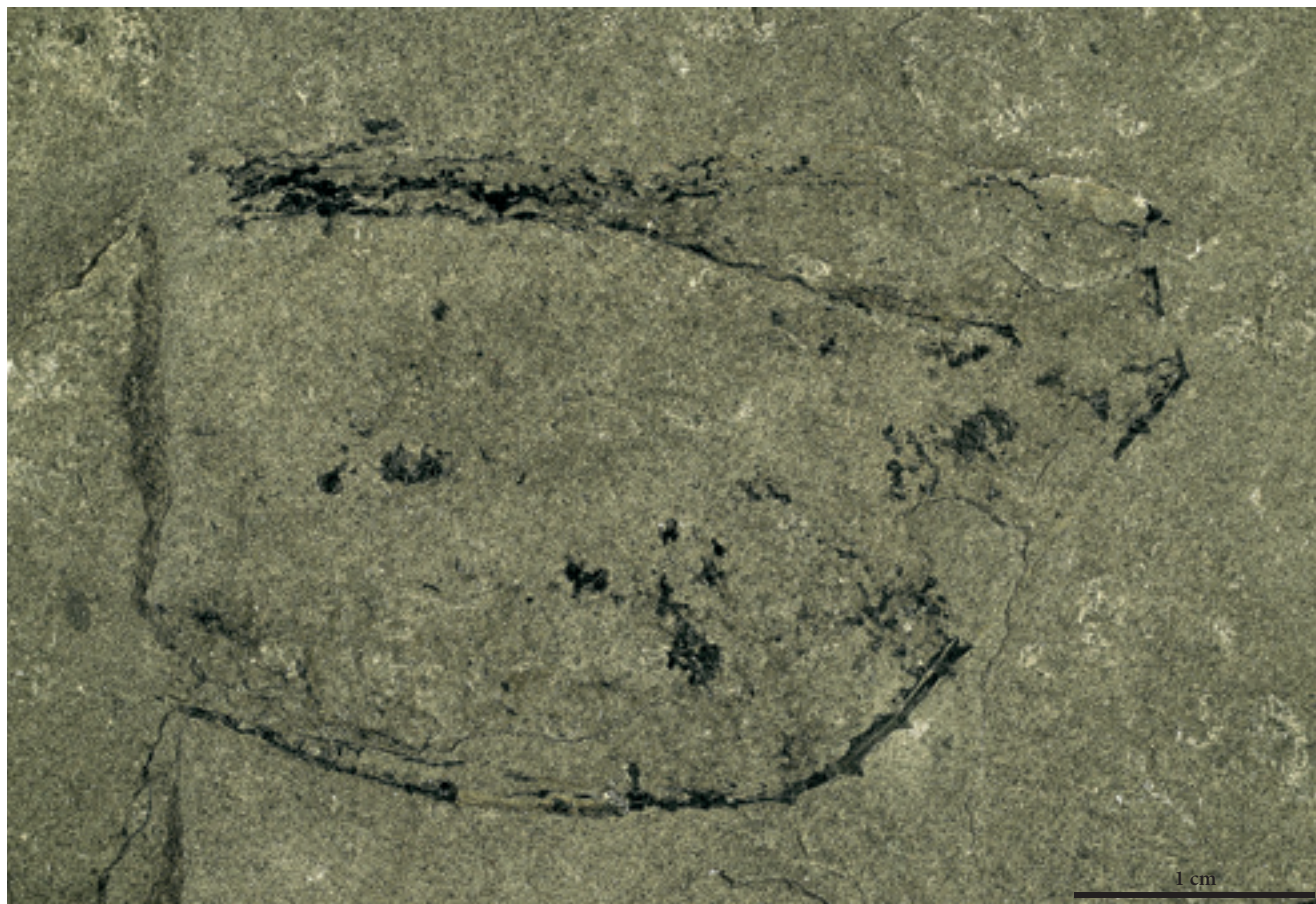



Fig. 4 - A thylacocephalan of undetermined genus and species (MFSN gp 20560).
- *Tilacocefalo, genere e specie indeterminata (MFSN gp 20560).*

Order and Family Incertae sedis
Genus and Species Incertae sedis
(Figs 4-7)

Material: two specimens: MFSN gp 20559, MFSN gp 20560.

Description: MFSN gp 20560 is a poorly preserved specimen consisting of a partial carapace 37 mm long, lacking the whole of the anterior margin. Practically only the ventral and posterior margins of the carapace can be seen with sufficient clarity. However, its features are decidedly unusual, rendering this form unique among Mesozoic thylacocephalans. The dorsal margin, which is just about discernible, seems relatively straight, whereas the ventral margin is weakly convex medially and then gently curves upwards towards the posterior margin, which is narrow with respect to the height of the carapace.

What makes this form decisively particular is the presence of small spines. The spines near the curved portion of the ventral margin are barely outlined, but they then become more evident, eventually turning into triangular spines along the whole of the ventral margin as it turns upwards posteriorly. Part of the posterior third of the ventral margin is not preserved, but a complete spine can be seen on its terminal track, whereas the base of another spine lacking a preserved point is present at the angle with the posterior margin. It can be hypothesized that spines were present also along the unpreserved portion of the ventral margin.

Description: MFSN gp 20559 is even more poorly preserved and difficult to interpret. It is a very fragmentary specimen, with just a margin partially visible about 60 mm long, which we interpret as the ventral margin. Remains of what is possibly the circular muscle scar where the long appendages typical of thylacocephalans articulated is hardly visible on the left. Owing to the bad conditions of preservation, it is difficult to ascertain with certainty whether some indentations in the median and right (i.e., posterior) portion correspond to small teeth or are just part of the fragmented ventral margin.

Discussion: We tentatively ascribe to the same species these two fragmentary specimens for showing the same degree of preservation, comparable size, a ventral margin slightly concave and with sparse teeth.

To our knowledge, the only form showing a ventral margin with denticles is *Protozoea hingeldorfi* Dames,

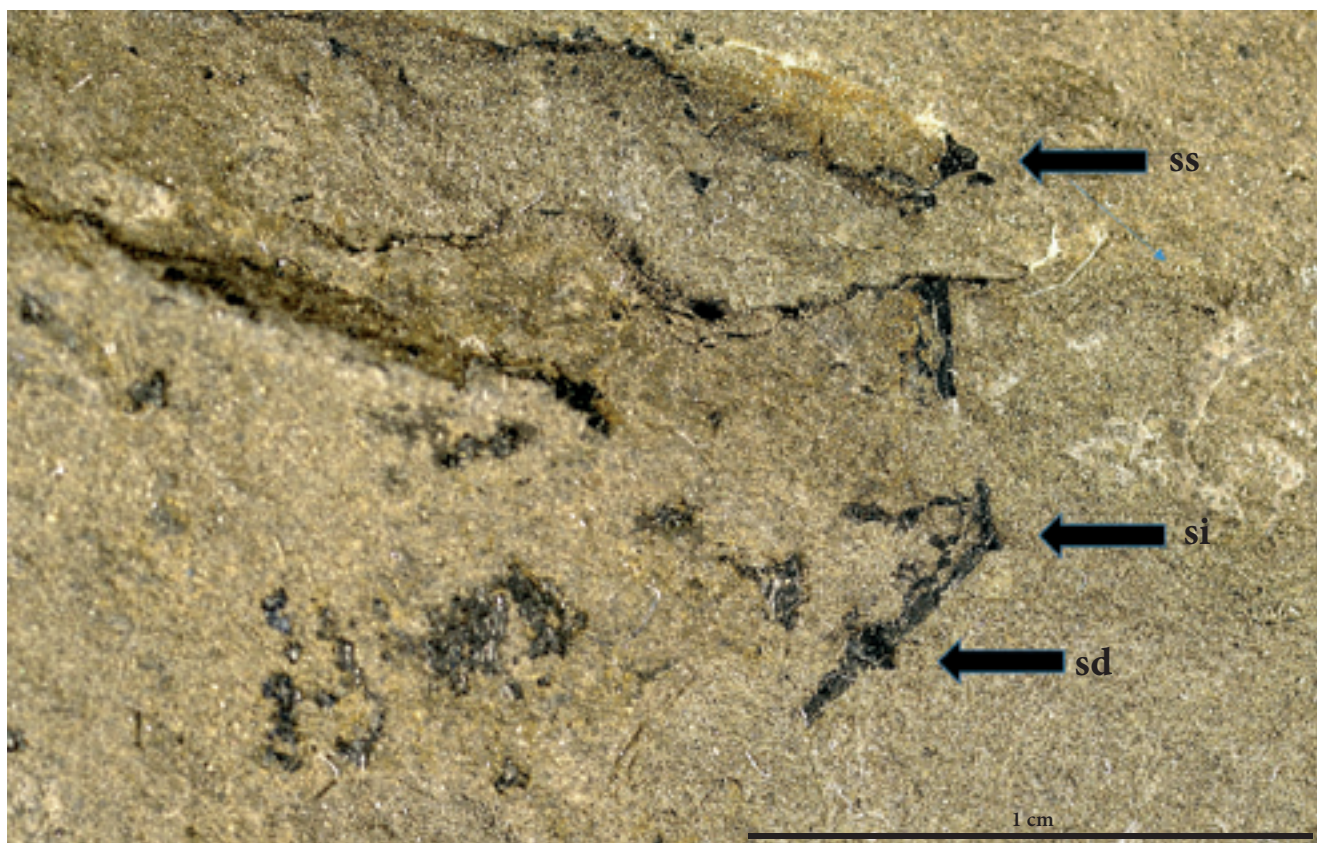



Fig. 5 - Close-up of the posterior margin of MFSN gp 20560. Abbreviations: ss, spine at the postero-dorsal corner; si, spine at the postero-ventral corner; sd, spine of the ventro-posterior margin.
- *Es. MFSN gp 20560; particolare del margine posteriorw. Abbreviazioni: ss, spina all'angolo postero-dorsale; si, spina all'angolo postero-ventrale; sd, spina sul margine ventrale posteriore.*

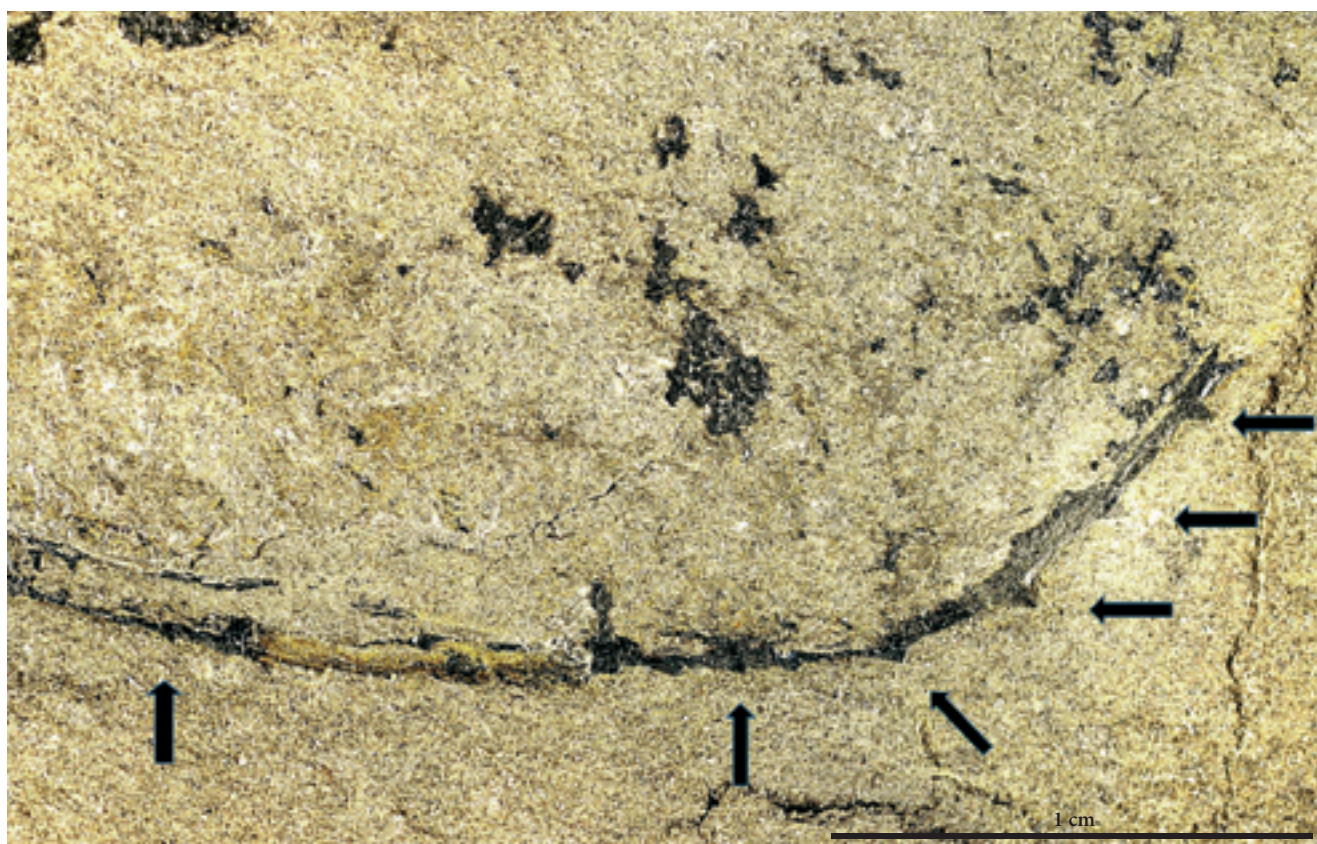



Fig. 6 - Close-up of MFSN gp 20560: arrows indicate the spines or groups of spines along the anterior and posterior portions of the ventral margin.
- *Es. MFSN gp 20560: particolare della parte anteriore e posteriore del margine ventrale; le frecce indicano i principali dentelli o gruppi di dentelli.*

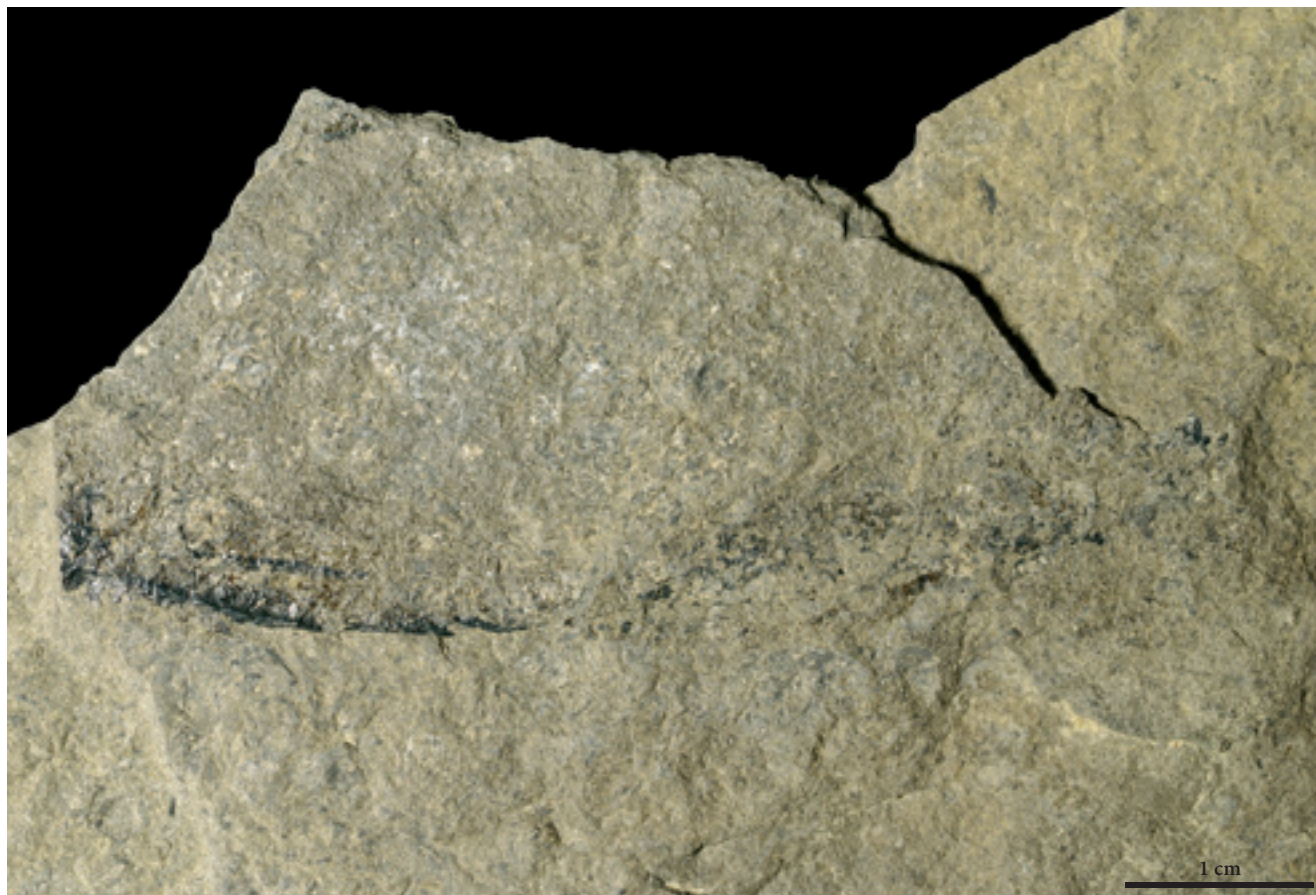



Fig. 7 - A thylacocephalan of undetermined genus and species (MFSN gp 20559).
- *Tilacocefalo, genere e specie indeterminati (MFSN gp 20559).*

1886, from the Santonian (Upper Cretaceous) of Lebanon (Schram et al. 1999). *P. hingeldorfi* is characterized by a carapace that is decidedly patent in concaved along its ventral portion, in which it is difficult to distinguish a posterior margin, which is completely absent and has a difficultly distinguishable, or completely absent, posterior margin; it also has two long spines that resemble extremely elongated anterior and posterior rostra. Our specimens differ totally from *Protozoea* in that it has a well-developed posterior margin sporting, at the angle with the dorsal margin, a small, short, retroverted spine. Moreover, the ventral margin, rather than being completely concaved, is linear and parallel to the dorsal margin in MSFN Gp 20560, with a posterior third portion that folds decisively upwards.

Without doubt, the examined specimens belong to a new taxon; however, we do not feel it is appropriate to erect a new specific entity on the basis of such partial specimens.

Conclusions

The current study is not a detailed systematic revision; however, our re-examination of those collections has led us to conclude that *Atropicaris* Arduini & Brasca, 1989, is a younger synonymous with *Microcaris* Pinna, 1974, the genus to which should be ascribed also the species *Austriocaris striata* Glaessner, 1931, as suggested by Arduini & Brasca (1984).

From recent discoveries made throughout the world, it seems that ornamented thylacocephalans were very diffuse in the Triassic, along with other forms like *Ostenocaris* (i.e. *Ankitokazocaris* Arduini, 1990; *Austriocaris* Glaessner, 1931; and other, undescribed forms): Charbonnier et al. (2019) reported the genus *Parisicaris* from the Spathian of Idaho (US), and Ehiro et al. (2015) erected the genus *Kitakamicaris* from the Spathian of Japan.

The scarce remains unearthed up to now at the Dont Formation are undoubtedly of particular interest, above all because they are evidence of new, Triassic forms. Hopefully, they will be described in more detail upon the discovery of further specimens.

Manuscript received on 05.VIII.2019, accepted on 06.XII.2019.

Acknowledgements

A special thanks to Fabio Marco Dalla Vecchia for his useful contribution.

Refrences

Affer, D., & G. Teruzzi. 1999. Thylacocephalan Crustaceans from the Besano Formation, Middle Triassic, N. Italy. *Riv. Mus. Civ. Sc. Nat. "E. Caffi" Bergamo* 20: 5-8.

Arduini, P. 1990. Thylacocephala from Lower Trias of Madagascar. *Atti Soc. It. Sci. Nat. e Museo St. Nat. Milano* 131 (9): 197-204.

Arduini, P. 1992. *Clausocaris pinnai* n.sp. (Order Clausocarida nov.), thylacocephalan crustacean from the Norian of Preone Valley (Udine, N. Italy) and morphological considerations on Thylacocephala. *Atti Soc. It. Sci. Nat. e Museo St. Nat. Milano* 132: 265-72.

Arduini, P., & A. Brasca. 1984. *Atropicaris*, nuovo genere della classe Thylacocephala. *Atti Soc. It. Sci. Nat. e Museo St. Nat. Milano* 125 (1-2): 87-93.

Briggs, D.E.G, & W.D.I. Rolfe. 1983 New Concavicarida (new order: ?Crustacea) from the Upper Devonian of Gogo, Western Australia, and the palaeoecology and affinities of the group. *Special Papers in Palaeontology* 30: 249-76.

Bürgin, T., U. Eichenberger, H. Fürrer & K. Tschanz. 1991. Die Prosanto-Formation: eine fischreiche Fossil-Lagerstätte in der Mitteltrias der Silvretta-Decke (Kanton Graubünden, Schweiz). *Eclogae Geol. Helv*. 84 (3): 921-90.

Charbonnier, S., A. Brayard & The Paris Biota Team. 2019. New thylacocephalans from the Early Triassic Paris Biota (Bear Lake County, Idaho, U.S.A.). *Geobios* 54: 37-43.

Dalla Vecchia, F.M. 1993. Segnalazione di crostacei nell'unità Fonte Santa (Triassico sup.) presso Filettino (Lazio, Italia). *Gortania. Atti Mus. Friul. St. Nat.* 14: 59-69.

Dalla Vecchia, F.M. 2008. *Vertebrati fossili del Friuli. 450 milioni di anni di evoluzione.* Udine: Pubbl. del Mus. Friul. di St. Nat. 50.

Dalla Vecchia, F. M. 2010. New ichthyosaurian (Amniota, ?Diapsida) remains in the Triassic of Friuli (NE Italy). *Gortania. Geol., Paleont., Paletn.* 31: 15-22.

Dalla Vecchia, F. M. 2012. *Il Friuli 215 milioni di anni fa. Gli straordinari fossili di Preone, finestra su di un mondo scomparso*. Preone: Comune di Preone.

Dalla Vecchia, F.M., & G. Muscio. 1990. Occurrence of Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea) from the Upper Triassic of Carnic Prealps (N.E.Italy). *Boll. Soc. Pal. It*. 29 (1): 39-42.

Ehiro, M., O. Sasaki, H. Kano, J. Nemoto & H. Kato. 2015. Thylacocephala (Arthropoda) from the Lower Triassic of the South Kitakami Belt, Northeast Japan. *Paleontolog. Res.* 19 (4): 269-82.

Forchielli, A., & P. Pervesler. 2013. Phosphatic cuticle in thylacocephalans: a taphonomic case study of *Austriocaris* (Arthropoda, Thylacocephala) from the Fossil-Lagerstätte Polzberg (Reingraben Shales, Carnian, Upper Triassic, Lower Austria). *Austrian Jour. of Earth Sc.* 106: 46-61.

Glaessner, M.F. 1931. Eine Crustaceen fauna aus den Lunzer Schichten Niederösterreichs. *Jahrb. K. K. Geol. Bundesanst. Wien* 81 (3/4): 467-86.

Ji C., A. Tintori, D. Jiang & R. Motani. 2017. New species of Thylacocephala (Arthropoda) from the Spathian (Lower Triassic) of Chaohu, Anhoui Province of China. *Paläont. Zeit*. 91 (2): 171-84.

Križnar, M., & T. Hitiji. 2010. Nevretenèarji (Invertebrates) Strelovške fprmacije. In *The kingdom of Tethys: the fossilized world of Triassic Vertebrates from the Kamniško-Savinjske Alps*, cur. T. Hitij, J. Žalohar, B. Celarc, M. Križnar, S. Renesto & A. Tintori, 91-107. Scopolia Supplement 5.

Lange, S., C.H.J. Hof, F.R. Schram & F.A. Steeman. 2001. New genus and species from the Cretaceous of Lebano links the Thylacocephala to the Crustacea. *Palaeontology* 89 (1): 905-12.

Pinna, G. 1974. I crostacei della fauna Triassica di Cene in Val Seriana (Bergamo). *Mem. Soc. It. Sci. Nat. e Museo St. Nat. Milano* 21: 5-34.

Pinna, G. 1976. I crostacei triassici dell'Alta Valvestino. *Natura Bresciana* 13: 33-42.

Pinna, G., P. Arduini, C. Pesarini & G. Teruzzi. 1982. Thylacocephala: una nuova classe di crostacei fossili. *Atti Soc. It. Sci. Nat. e Museo St. Nat. Milano* 123: 469-82.

Pinna, G., P. Arduini, C. Pesarini & G. Teruzzi. 1985. Some controversial aspetcts of the morphology and anatomy of *Ostenia cypriformis* Crustacea, Thylacocephala). *Trans. Roy. Soc. Edinb*. 76: 69-73.

Rieppel, O., & F.M. Dalla Vecchia. 2001. Marine Reptiles from the Triassic of the Tre Venezie, northeastern Italy. *Fieldiana*. *Geology* 44: 1-25.

Schram, F.R. 2014. Family level classification whithin Thylacocephala, with comments on their evolution and possible relationships. *Crustaceana* 87 (3): 340-63.

Schram, F.R., C.H.J. Hof & F.A. Steeman. 1999. Thylacocephala (Arthropoda, Crustacea?) form the Cretaceous of Lebanon and implications for thylacocephalan systematics. *Palaeontology* 42: 769-97.

Vannier, J., B. Schoenemann., T. Gillot & S. Charbonnier. 2016. Exceptional preservation of eye structure in arthropod visual predators from the Middle Jurassic. *Nature Communications* 7: 10320. DOI: 10.1038/ncomms10320.

Venturini, C. 2006. *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 48.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:
- Giorgio Teruzzi
  Museo Civico di Storia Naturale
  Corso Venezia 55, I-20121 MILANO
  e-mail: giorgio.teruzzi@gmail.com
- Giuseppe Muscio
  Museo Friulano di Storia Naturale
  via Sabbadini 22-32, I-33100 UDINE
  e-mail: giuseppe.muscio@comune.udine.it

Andrea Mocchiutti
Furio Finocchiaro
Giuseppe Muscio

CAVITÀ SOTTO LE PARETI DEL PIC CHIADENIS (FR 2714): UN LABORATORIO SOTTERRANEO NATURALE

CAVITÀ SOTTO LE PARETI DEL PIC CHIADENIS (FR 2714): A NATURAL UNDERGROUND LABORATORY

Riassunto breve - Alle pendici del Pic Chiadenis (Alpi Carniche, Udine) si apre una cavità (4846/2714 FR) nella quale è stato individuato un significativo deposito di ghiaccio che, sulla base delle analisi effettuate, risulta essersi formato fra gli anni sessanta e gli anni ottanta del secolo scorso e che oramai è quasi del tutto scomparso. La grotta ha fornito anche indizi di neotettonica e presenze di mineralizzazioni aragonitiche: per tutti questi aspetti la cavità potrebbe essere utilizzata come "laboratorio sotterraneo naturale" ai fini dello studio applicato del carsismo di alta quota.
Parole chiave: Speleologia, Glacialismo, Neotettonica, Minerali di grotta, Quaternario, Alpi Carniche.

Abstract - *On the slopes of Pic Chiadenis (Carnic Alps, Udine, NE Italy) there is a cave (4846/2714 FR) in which a significant ice deposit has been identified On the basis of the analyzes carried out, it appears to have been formed between the sixties and the eighties of the last century and now it has almost completely disappeared. The cave has also provided evidence of neotectonic and presence of aragonitic mineralization: for all these aspects the cave could be used as a "natural underground laboratory" for the purpose of the applied studies of high altitude karst.*
Key words: *Speleology, Glacialism, Neotectonic, Cave Minerals, Quaternary, Carnic Alps.*

Premessa

Le cavità naturali sono ambienti particolari, definibili "conservativi" (Castiglioni 2003), dove la dinamica dei processi geologici e morfologici può essere esaminata con facilità perché sono meno soggeti ai processi dell'ambiente esterno e non sono (salvo rarissimi casi) influenzati dall'intervento antropico. Le grotte hanno, quindi, la possibilità di conservare nel tempo la registrazione di eventi senza che gli effetti prodotti possano essere rapidamente cancellati o alterati dalla dinamica esogena. Fanno eccezione, almeno per alcuni aspetti, i sistemi sotterranei attivi dal punto di vista idrogeologico.

Per questi motivi le cavità carsiche sono "fonti" di informazioni geologiche nel senso più ampio del termine: dalla paleontologia alla mineralogia, dalla tettonica alla sedimentologia, dall'idrogeologia alla climatologia. Senza dimenticare gli aspetti storici e archeologici. Già nel 1989 Ford & Williams ricordavano come la geomorfologia degli ambienti carsici fornisse utili informazioni sui climi passati, specie durante il Quaternario. Tutti questi concetti sono stati riassunti da Giovanni Badino in una sola frase: *le grotte sono archivi del tempo* (Badino 1995).

Negli ultimi decenni quello dei cambiamenti climatici è diventato un tema di grande interesse, non solo scientifico, ma anche argomento di discussione a livello politico e sociale. Ad esempio, le grotte, non risentendo delle variazioni stagionali esterne, possono conservare - se ve ne sono le condizioni climatiche - anche depositi di ghiaccio più o meno estesi. Queste cavità appartengono quindi alla criosfera, il cui studio nell'area alpina ha ripreso vitalità, soprattutto come strumento fondamentale per valutare l'entità dei cambiamenti climatici in atto (Badino 2004). La criosfera è un termine molto generale che definisce tutte quelle porzioni della superficie terrestre dove l'acqua è allo stato solido: dalle grandi calotte polari, ai ghiacciai montani, al permafrost (Barry & Gan 2011), ai depositi di ghiaccio perenne all'interno di cavità, sia carsiche sia di origine vulcanica.

Osservazioni e descrizioni di cavità di ghiaccio datano già da molti secoli (Turri et al. 2009a), ma solamente a partire dal secolo scorso sono iniziate le osservazioni scientifiche finalizzate a studi paleoclimatici (Turri et al. 2009b). Una sintesi sullo stato delle conoscenze relative alle grotte con ghiaccio in Italia è stata recentemente proposta da Maggi et al. (2018).

Fig. 1 - Posizione della cavità indicata sulla carta topografica alla scala 1:25.000 (Editrice Tabacco).
- *Position of the cave on the topographic map at the scale 1:25.000 (Editrice Tabacco).*

Fig. 2 - La parete Est del Pic Chiadenis: le persone al centro della foto si stanno dirigendo verso la cavità (foto A. D'Andrea).
- *The east slope of Pic Chiadenis: people in the center of the photo are heading towards the cave (photo A. D'Andrea).*

Nella nostra regione le Alpi Giulie conservano i lembi glaciali - ovviamente - più orientali dell'intera catena alpina, ma anche quelli collocati alle quote minori, fenomeno legato alle condizioni geomorfologiche e climatiche locali che portano ad un significativo abbassamento dei limiti altimetrici, come meglio spiegato da Marinelli (1896) e successivamente da Morandini (1979).

Anche per queste ragioni i lembi glaciali del Monte Canin e dello Jôf di Montasio (Carturan et al. 2012) così come quelli del Monte Triglav in Slovenia (Del Gobbo et al. 2016) sono oggetto di particolare interesse (cfr. Colucci & Žebre 2016, anche per la bibliografia; in questa pubblicazione gli autori ricordano come *"…surveys permitted the evaluation of the evolution of surface topography, thickness and the volume of glaciers in the late Holocene, that is, at present (2012) and during the LIA* [ndr: la Piccola Età Glaciale, fra il XVI e il XIX secolo] *maximum. The volume of small glaciers in the Julian Alps decreased drastically, by about 96%. Today only isolated glacierets and ice patches persist, having avalanche feeding and low dynamics. High precipitation permits their existence at the lowest altitude in the Alps*").

Gli studi in corso, ad opera soprattutto del gruppo coordinato da R. Colucci, si stanno sviluppando anche nella direzione dell'esame dei piccoli depositi di ghiaccio presenti nelle cavità che si sviluppano ad alta quota, come quelle ben diffuse nell'Altopiano del Monte Canin. Queste ricerche, a partire dall'importanza delle informazioni che questi particolari ambienti conservativi possono restituire, hanno anche lo scopo di definire la risposta di questi lembi glaciali ai mutamenti climatici: "*A strong influence of global and local climate change in the evolution of the ice deposits has been particularly highlighted in the dynamic ice cave type, especially in regard to the role of weather extremes. The natural response of ice caves to a warming climate could lead to a fast reduction of such ice masses. The increased occurrence of weather extremes, especially warmer and more intense precipitation caused by higher mean 0°C-isotherms, could in fact be crucial in the future mass balance evolution of such permanent ice deposit*" (Colucci et al. 2016a).

Mancavano però informazioni sulla presenza di depositi glaciali nel versante italiano delle Alpi Carniche, fino all'individuazione e allo studio di un piccolo deposito di ghiaccio in una cavità alla base del Pic Chiadenis (Monte Chiadenis nelle carte topografiche più recenti), poco a sudest del Monte Peralba e a ovest del Monte Avanza (Flora et al. 2004; Mocchiutti 2009; Fig. 1).

Guglielmin e Smiraglia (1998) avevano già individuato, in via preliminare attraverso l'elaborazione di foto aeree, un primo elenco di 20 *Rock glacier* nelle Alpi Carinche, ma solo 11 ricadevano nel territorio regionale, tutti classificati come "inattivi". Solo in tempi più recenti Colucci et al. (2016b) riprendono ed ampliano la ricerca arrivando ad identificare 41 *Rock glacier*. Indagini più approfondite (Colucci et al. 2019) su un *Rock glacier* attivo nei pressi di Casera Razzo, a circa 1800 m di quota, hanno permesso di individuare un corpo di ghiaccio misto a detrito del volume di circa 1-1.5 milioni di mc ad una profondità di 8 m e che gli autori ipotizzano potesse avere un volume più che doppio nella sua massima estensione. Di maggior

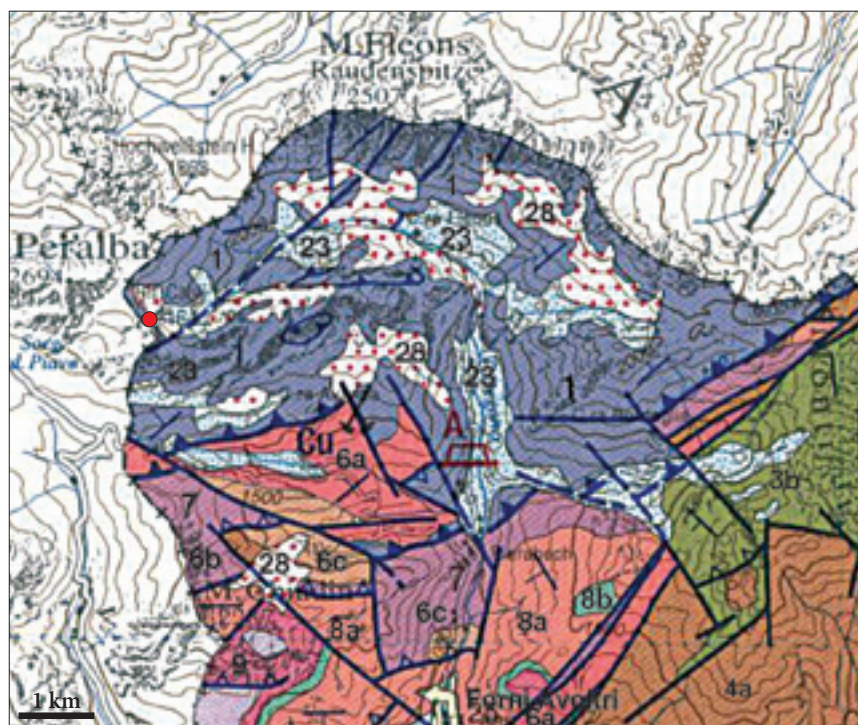



Fig. 3 - Stralcio della Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia (Carulli 2006). 1: Basamento ercinico metamorfico (calcari metamorfosati ecc., Siluriano-Devoniano); 3b: Calcari di scogliera (Devoniano); 4a: Fm. Hochwipfel (Carbonifero); 6: Arenaria di Val Gardena (a) e Fm. a Bellerophon (b, c) (Permiano sup.); 7: Fm. di Werfen (Trias inf.); 8: Prevalenti calcari dell'Anisico (Trias medio); 23: conglomerati Pleistocenici; 28: detriti di falda

- *Extract of the Geological Map of Friuli Venezia Giulia (Carulli 2006). 1: Metamorphic Hercynian basement (metamorphic limestone, etc., Silurian-Devonian); 3a: Reef limestones (Devonian); 4a: Hochwipfle Fm. (Carboniferous) 6: Val Gardena Sandstone (a) and Bellerophon Fm. (b, c) (Upper Permian); 7: Werfen Fm. (Lower Trias.); 8: Anisian limestones (Middle Trias); 23: Pleistocene conglomerates; 28: debris.*

Fig. 4 - I calcari metamorfosati nei quali si sviluppa la Grotta, in uno dei pochi tratti dove non presentano alterazione superficiale. La porzione inferiore è modellata dagli *scallops* (foto A. Mocchiutti).
- *The metamorphic limestone in which the cave develops in one of the few stretches where they do not show superface alteration. The lower part is molded by* scallops *(photo A. Mocchiutti).*

rilievo, seppure anch'esso in netta fase di regressione (Hohenwarter, 2013), il ghiacciaio dell'Eiskar, collocato in un'ampia conca nel versante austriaco, quindi esposto a nord, fra la Creta delle Chianevate e la Creta di Collina.

Geologia dell'area

L'area fra Forni Avoltri e Sappada rappresenta l'importante snodo tettonico fra Carnia e Cadore (Venturini 2006; Venturini et al. 2009), la zona dove gli sforzi tardo-varisici (e poi anche quelli alpini) hanno intensamente agito lungo la Faglia della Val Bordaglia, orientata circa NE-SW, l'ultimo atto dell'Orogenesi Varisica in Carnia (chiamata anche Ercinica), lungo il settore di Bordaglia ha sovrapposto una serie di rocce metamorfiche (Monte Avanza, Monte Peralba, Pic Chiadenis e Navagiust, costituiti soprattutto da metacalcari datati al Siluriano-Devoniano) su quelle non metamorfiche del restante alto Friuli (Fig. 3). Nel dettaglio, vi sono alcune centinaia di metri di spessore di calcari metamorfosati da grigio scuro a nocciola (Fig. 4), intercalati a più rari marmi arenitici e ridotti livelli di selce radiolaritica, mentre più diffusi sono i marmi massicci (calcari e calcari dolomitici metamorfosati) e le metaclastiti (*slate* e filladi).

La Linea della Val Bordaglia si è generata nel Carbonifero sup. come limite di un settore in distensione. È stata poi riattivata durante l'orogenesi Alpina, complicando l'assetto dell'area. Se a piccola scala si possono riconoscere i calcari metamorfosati dall'orogenesi Varisica nel settore a NW della faglia ed i depositi paleozoico-triassici a SE della stessa, a maggior dettaglio si riconoscono una serie di scaglie e spesso intense fratturazioni. Questa linea tettonica si è comportata infatti - in oltre 300 milioni di anni - come distensiva, trascorrente e compressiva. Le direzioni dominanti delle faglie nello schema deformativo, sono comunque NE-SW e NW-SE, perfettamente coerenti con l'andamento della cavità (Fig. 5); questa si sviluppa, quindi, entro i calcari del Devoniano del Pic Chiadenis, quindi nel settore ovest della Linea della Val Bordaglia.

Dal punto di vista più prettamente morfologico l'area è caratterizzata da potenti corpi di calcari metamorfosati (Monte Avanza, Monte Peralba, Pic Chiadenis) che presentano alla base imponenti depositi detritici, separati da ampie vallate intensamente modellate dall'azione glaciale würmiana.

Grotta sotto le pareti del Pic Chiaden

La "Grotta sotto le pareti del Pic Chiadenis" (4846/2714 FR) si apre a 2.255 m di quota alla base della parete settentrionale del Pic Chiadenis (Fig. 23), cima collocata fra i massicci del Monte Avanza e del Monte Peralba, all'estremità nord-occidentale della Regione Friuli Venezia Giulia. Fra le sue caratteristiche peculiari vi è quindi quella di essere una delle cavità che si apre alle quote più elevate in regione.

Quando, nel 1988, venne scoperta e catastata dai soci del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, la grotta era percorribile per una cinquantina di metri: dopo una breve galleria, larga un paio di metri in lieve salita ad andamento sinuoso si poteva raggiungere un

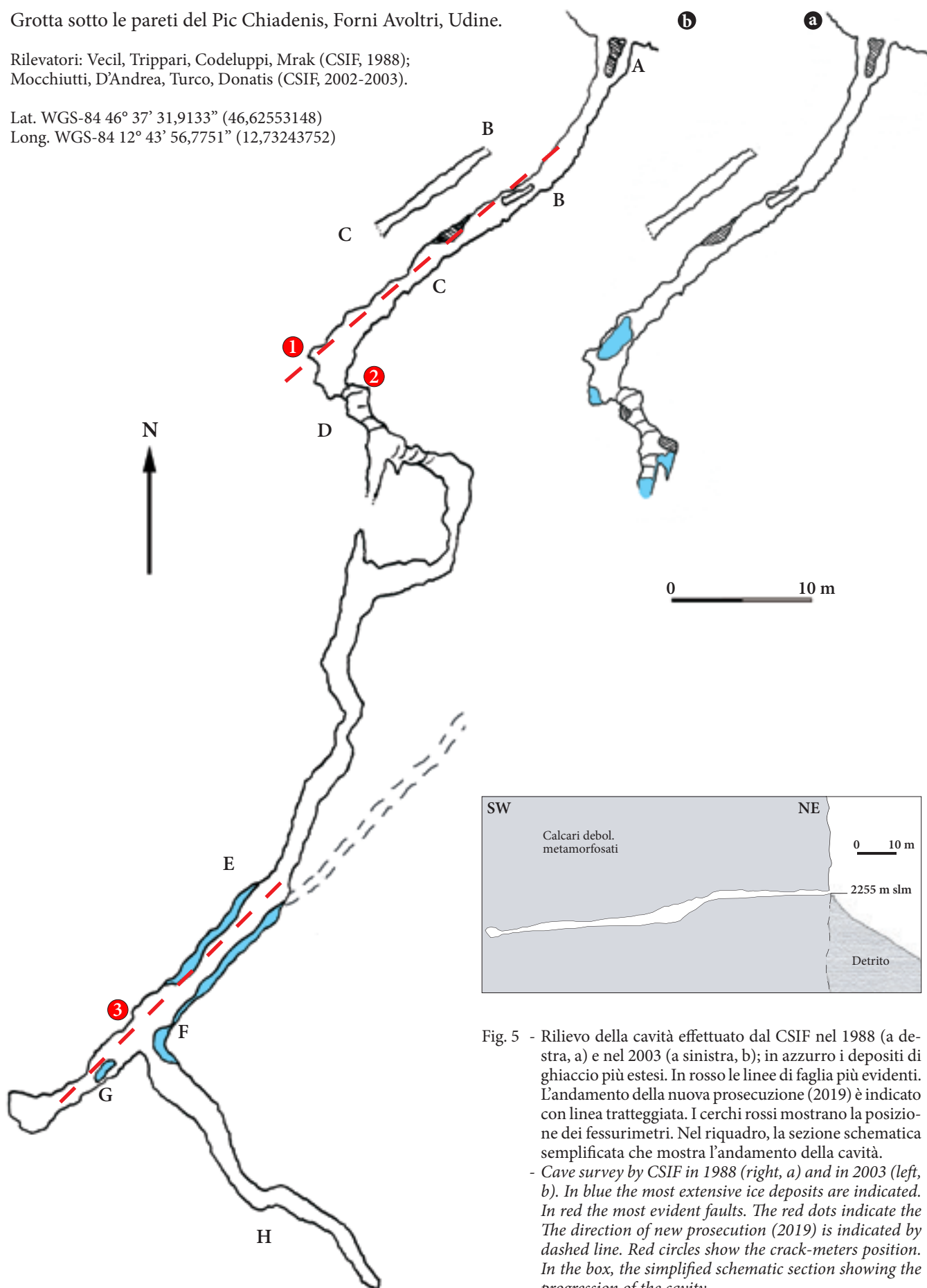



Fig. 5 - Rilievo della cavità effettuato dal CSIF nel 1988 (a destra, a) e nel 2003 (a sinistra, b); in azzurro i depositi di ghiaccio più estesi. In rosso le linee di faglia più evidenti. L'andamento della nuova prosecuzione (2019) è indicato con linea tratteggiata. I cerchi rossi mostrano la posizione dei fessurimetri. Nel riquadro, la sezione schematica semplificata che mostra l'andamento della cavità.
- *Cave survey by CSIF in 1988 (right, a) and in 2003 (left, b). In blue the most extensive ice deposits are indicated. In red the most evident faults. The red dots indicate the The direction of new prosecution (2019) is indicated by dashed line. Red circles show the crack-meters position. In the box, the simplified schematic section showing the progression of the cavity.*

piano inclinato che, disceso per alcuni metri, conduceva ad un'altra galleria che, all'atto della scoperta era completamente occlusa da un vero e proprio "muro di ghiaccio" (Fig. 5a) che inglobava (come verificato nelle successive esplorazioni) anche alcuni massi di crollo.

Solo fra il 2002 ed il 2003, grazie alla riduzione dei depositi di ghiaccio interni, superata una strettoia e una piccola frana, fu possibile percorrere la galleria, sempre in salita lieve, per altri sessanta metri (E in Fig. 5b). La sezione delle gallerie era (ed è) a tratti triangolare e a tratti a condotta forzata ed aveva (ed ha) sul pavimento un classico solco di approfondimento largo mediamente 50-70 cm e profondo circa 1 m (Fig. 10) dal fondo coperto da ghiaccio. Si tratta della parte più interessante di questo piccolo sistema sotterraneo dove il soffitto della grotta era coperto da una spessa coltre di ghiaccio, di un colore dal trasparente al bianco e all'azzurro intenso, e la volta ghiacciata si presentava levigata e sagomata in ampie cupole. Il ghiaccio, compatto, si alternava in strati lungo tutto il condotto fino ad una piccola sala (F in Fig. 5b). A sinistra si sviluppava un ampio meandro (H di Fig. 5b) mentre a destra concrezioni e colate di ghiaccio conducevano ad un'ulteriore saletta (G di Fig. 5b). Grazie alle nuove esplorazioni, lo sviluppo della cavità passava così da poco più di 40 a circa 140 m, con un dislivello complessivo di 10 m.

Sopralluoghi nella cavità furono ripetuti negli anni 2004, 2009, 2013 e nell'autunno del 2014, riscontrando che la quantità di ghiaccio era via via inferiore rispetto a dieci anni prima ma non in maniera eccessiva (cfr. Fig. 10). In occasione dell'esplorazione del 2009 nella saletta G si rinvennero, sulla parete e sulla volta, alcune piccole dendriti ed infiorescenze aragonitiche, allineate lungo fratture (Fig. 17).

Durante il recentissimo sopralluogo dell'autunno 2019 il ghiaccio risulta oramai ridotto a piccoli lembi, tanto da poter considerare questo piccolo deposito glaciale sotterraneo come "in via di estinzione" (in Fig. 10 il confronto fra le tre esplorazioni). Nella parte più in quota del corridoio E lo scioglimento del ghiaccio ha consentito di accedere ad un nuovo tratto di condotta di oltre 50 m di sviluppo, ma ancora da esplorare completamente e rilevare (cfr Fig. 5a), che conduce sempre verso l'alto ma con direzione che riporta verso la parete di ingresso (NW-SE).

Nell'insieme questo piccolo sistema sotterraneo è caratterizzato da un tratto iniziale fortemente condizionato da fratture e crolli, probabilmente influenzato dalle variazioni climatiche esterne, e uno interno modellato dal carsismo con alcune piccole frane che ostruiscono in parte il passaggio. Dal punto di vista idrologico, la cavità funge da sistema drenante anche se ora praticamente inattiva.

Caratteristiche peculiare della cavità sono, in più punti, evidenti indizi di movimenti tettonici relativamente recenti che interessano in alcuni punti pareti e volte delle gallerie.

La "Grotta sotto le pareti del Pic Chiadenis" non solo è un interessante (e unico per le Alpi Carniche) sito ove studiare l'evoluzione di depositi glaciali recenti e i rapporti fra l'idrologia sotterranea e la dinamica del reticolo idrografico superficiale, ma custodisce interessanti indizi di neotettonica e presenze di minerali

Fig. 6 - Il campionamento di ghiaccio effettuato nel 2003 (foto A. D'Andrea).
- *Sampling of ice in 2003 (photo A. D'Andrea).*

Campione	δ18O ‰ (vs. V-SMOW)	δD ‰ (vs.V-SMOW)	Eccesso di deuterio d = δD−8·δ8O	Attività tritio TU
1	-9,08	-62,7	9,9	49,5
2	-9,32	-65,2	9,4	29,2
3	-9,33	-65,6	9,2	22,1
4	-9,15	-66,8	6,4	18,9
5	-8,01	-55,0	9,0	18,2
6	-9,35	-67,2	7,6	10,6

Tab. II - Risultati delle analisi effettuate sui campioni di ghiaccio raccolti nel 2003.
- *Results of analyses carried out on ice samples collected in 2003.*

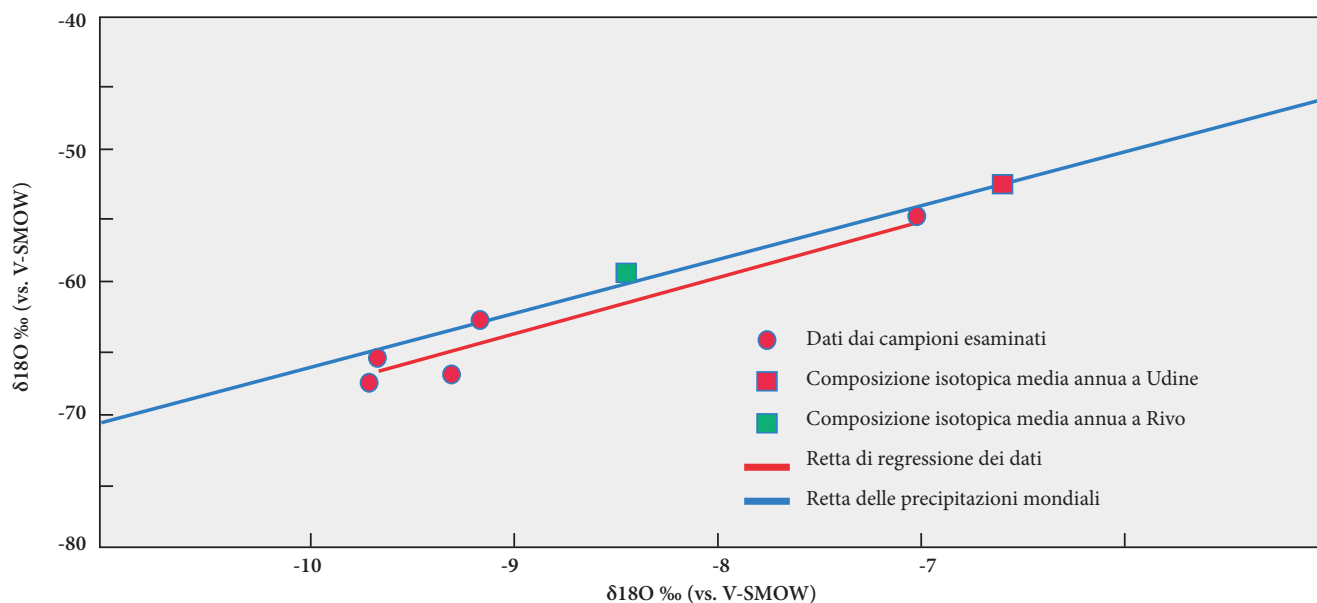



Fig. 7 - Grafico che pone in relazione gli isotopi dell'Ossigeno e dell'Idrogeno nei campioni di ghiaccio analizzati e nelle precipitazioni a livello mondiale (Craig 1961; da Flora et al. 2004).
- *Graph relative to the isotopes of oxygen and hydrogen in the analyzed ice samples and in the global precipitation (Craig 1961; from Flora et al. 2004).*

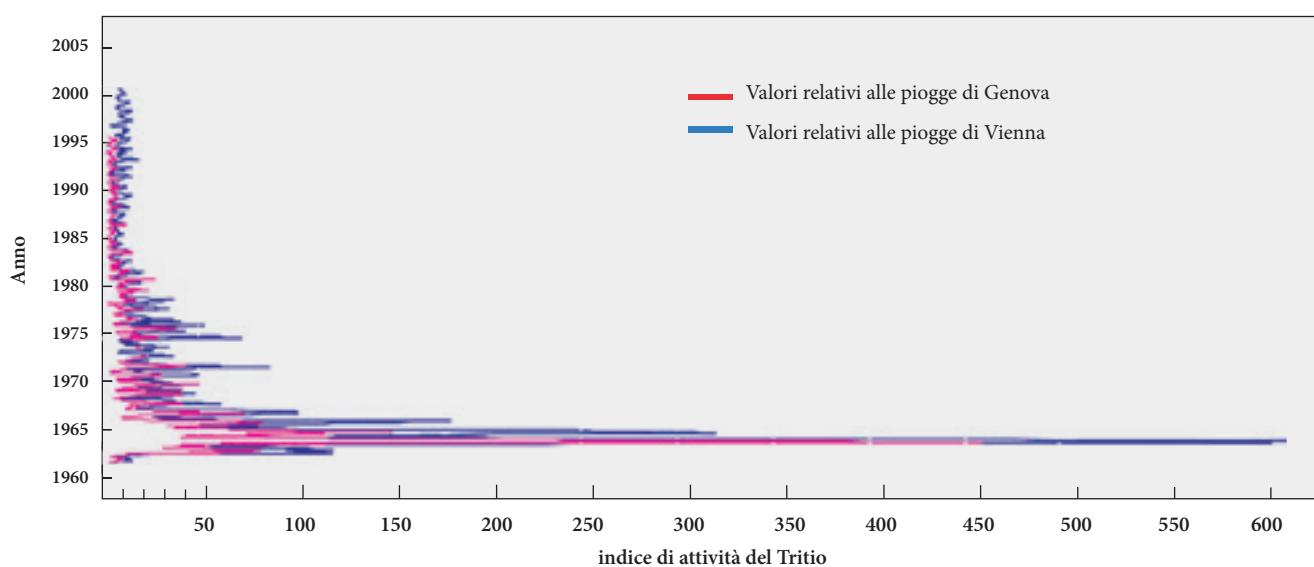



Fig. 8 - Grafico relativo ai valori di attività del tritio nelle precipitazioni delle stazioni di Vienna e Genova, calcolati al 2003 (dati GNIP: Global Network on Isotopes in Precipitations).
- *Graph relative to the Tritiuum activity in the precipitations of Wien and Genova, calculated for 2003 (data GNIP: Global Network on Isotopes in Precipitation).*

Fig. 9 - a) La galleria E prima del punto F (Fig. 5b) nel 2002; b) il punto di campionamento (cfr Fig 6) nel 2019 (foto A. D’Andrea e A. Mocchiutti).
- *a) The gallery E before point F (Fig. 5b) in 2002; b) the sampling point (cfr Fig 6) in 2019 (photo A. D’Andrea and A. Mocchiutti).*

Fig. 10 - Alcune immagini del tratto terminale della galleria indicata con E in Fig. 5b, che testimoniano la progressiva riduzione, nel tempo, dei depositi di ghiaccio.
Nel 2004 (a) le pareti sono completamente coperte dal ghiaccio e dal terrazzo alla volta in ghiaccio vi è meno di 1 m; nel 2009 (b) la parete di sinistra è libera dal ghiaccio e dal terrazzo alla volta ci sono circa 1,5 m (questa immagine è ripresa in direzione opposta rispetto alla precedente); nel 2019 (c) non vi è più ghiaccio che copre la volta e le pareti, ma solo alcune concrezioni originate dalla rielaborazione di parti del ghiaccio fossile sciolto (foto A. D'Andrea e A. Mocchiutti).
- *Some images of the final part of the gallery, indicated by E in Fig. 5b, that show the reduction of ice.*
In 2004 (a) the walls are completely covered by ice and from the terrace at a time on ice there is less than 1 m; in 2009 (b) the left wall is free from ice and from the terrace at a time there are about 1.5 m (this image is taken in the opposite direction from the previous one); in 2019 (c) there is no more ice covering the vault and the walls, but only some concretions originating from the reworking of parts of the melted fossil ice (photo A. D'Andrea and A. Mocchiutti).

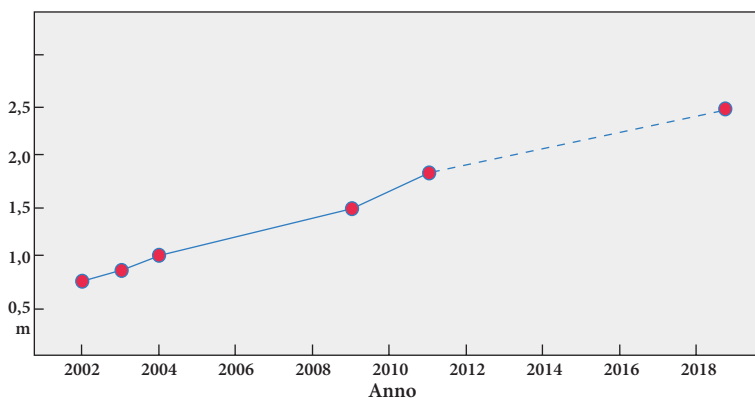



Fig. 11 - Grafico relativo alla riduzione di spessore di ghiaccio. I valori indicativi, basati sul confronto fra le immagini di diversi anni, sono riferiti alla distanza fra la base della condotta e la cupola di ghiaccio al termine della galleria E (Fig. 4b). L'ultimo segmento è tratteggiato: non è possibile sapere se il ghiaccio sia stato completamente sciolto prima del 2019.
- *Graph on ice thickness reduction. The indicative values, based on the comparison between images of different years, are related to the distance from the base of the phreatic passage to the ice dome at the end of the gallery E (Fig. 4b). The last part of the line is dashed: it isn't possible to know if ice was completely dissolved before 2019.*

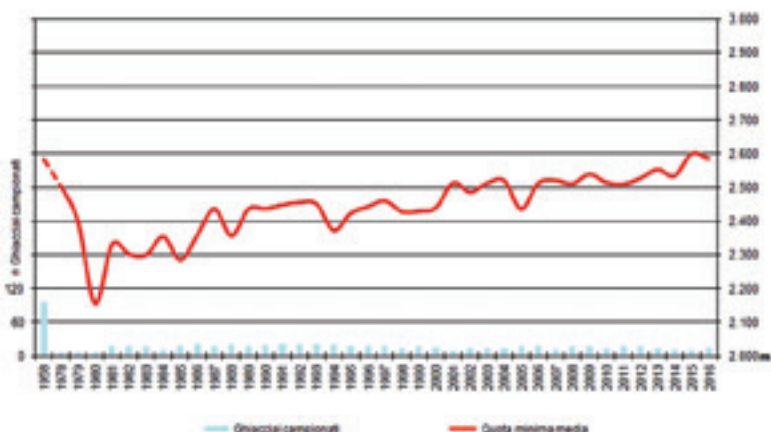



Fig. 12 - Andamento della quota minima media delle fronti glaciali nelle Alpi Orientali. Nel 1980 è stata raggiunta la quota più bassa, ovvero la fase di espansione più recente; da allora, pur con piccole variazioni, la tendenza è quella della riduzione dei corpi glaciali. (Elaborazione ISPRA su dati del Comitato Glaciologico Italiano).
- *Trend of the minimum average altitude of the glacial fronts in the Eastern Alps. In 1980 the lowest quota was reached, or the most recent expansion phase; since then, despite small variations, the tendency is to reduce glacial bodies. (ISPRA elaboration on data of Italian Glaciological Committee).*

di grotta. Risulta così un vero e proprio "laboratorio sotterraneo naturale" che può fornire dati sui diversi aspetti dell'evoluzione più recente del territorio.

Il deposito di ghiaccio

Nell'estate del 2003 il Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, visto l'interesse e l'unicità dei depositi di ghiaccio presenti, decise di effettuare una serie di campionamenti dei deposti glaciali (Fig. 6) in collaborazione con l'allora Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Trieste per saggiarne le caratteristiche geochimiche.

Viste le evidenze di stratificazione del deposito glaciale nell'ultima sala (G in Fig. 5b) sono stati raccolti 6 campioni, prelevati e numerati dal basso verso l'alto (Fig. 6 e Tab. I), coprendo l'intera successione visibile. Sono state eseguite, nei laboratori del DST-UNITS analisi isotopiche sull'idrogeno e sull'ossigeno, per avere informazioni affidabili sui meccanismi di formazione del ghiaccio e sul trizio, utili a definirne l'età. Sui sei campioni è stata quindi determinata la composizione isotopica dell'ossigeno ($\delta^{18}O$), dell'idrogeno (δD), si è calcolato l'eccesso di deuterio e misurata l'attività del tritio (TU).

Benché i campioni esaminati non siano molti, le considerazioni che si sono potute trarre sono risultate particolarmente interessanti. La discussione più completa è quella riportata in Flora et al. (2004) dove vengono illustrati anche i metodi di analisi, di seguito ci limitiamo a riproporre i principali risultati emersi.

La composizione isotopica dell'ossigeno non si accorda con i valori teorici medi annui delle precipitazioni locali e i valori dell'eccesso di deuterio (D) suggeriscono che la formazione del ghiaccio sia avvenuta in un "sistema aperto", con un'acqua di alimentazione derivata prevalentemente dalla fusione delle precipitazioni nevose invernali (D'Amelio et al. 1994, Dansgaard 1964; Jouzel & Souchez 1984; Jouzel & Merlivat 1984). Si deve quindi pensare ad una successione di fenomeni di congelamento di acque legate alle precipitazioni locali e che, nel corso del processo di congelamento, queste acque ricevevano importanti apporti di acque isotopicamente più negative, molto probabilmente legate alle precipitazioni invernali.

Interessanti sono anche i dati ottenuti dall'esame dell'attività del tritio, i cui valori di TU sono via via più bassi dal campione 1 (TU = 49,5) al 6 (TU = 10,6), come evidenziato in Tab. I.

La presenza del tritio in atmosfera e quindi nelle precipitazioni divenne significativa negli anni '50 del secolo scorso quando, a causa degli esperimenti termonucleari in atmosfera, si raggiunsero valori elevatissimi, che scesero poi gradualmente con le moratorie nucleari. L'attività del tritio infatti decade nel tempo e quindi i confronti vanno effettuati con le tabelle dei

Fig. 13 - Le "concrezioni" di ghiaccio presenti nei primi anni 2000 sono residui del "ghiaccio fossile", come dimostra la stratificazione presente (a: 2004); in questi ultimi anni, invece, si sono formate nuove stalattiti e stalagmiti di ghiaccio (b: 2019, altezza circa 1 m, cfr anche Fig. 10c) che inglobano cristalli del ghiaccio fossile, e sono frutto di una attività più prettamente stagionale; in c) dettaglio del ghiaccio di neoformazione (foto A. D'Andrea e A. Mocchiutti).
- *The ice "concretions" present in the early 2000s are residues of the "fossil ice", as shown by the present stratification (a: 2004); in recent years, on the other hand, new ice "concretions" have formed (b: 2019, height approximately 1 m, see also Fig. 10c) which incorporate crystals of fossil ice, and are the result of a more purely seasonal activity; in c) detail of the newly formed ice (photo A. D'Andrea and A. Mocchiutti).*

valori calcolati sulla base dell'attività di tritio corretta per decadimento relativa all'anno di effettuazione delle analisi.

Dal confronto con il grafico di Fig. 7 e con i dati puntuali del *Global network of Isotopes in Precipitations* (GNIP), risulta così che i che valori più elevati di TU riscontratati nel ghiaccio della cavità sono da riferire agli anni 1962-1967, mentre il valore più basso, quello relativo al campione 6, va riferito alla metà degli anni '80.

Il ghiaccio campionato nel 2003 si era quindi formato a partire dagli anni Sessanta fino alla fine degli anni Ottanta del secolo scorso, dato che nel 1988 la cavità era in gran parte occlusa.

Questa cavità quindi oggi custodisce quanto resta dell'unico deposito glaciale in grotta sinora noto per le Alpi Carniche. Come detto l'evoluzione di questo piccolo ghiacciaio sotterraneo, formatosi a metà degli anni sessanta e che ha raggiunto il suo massimo negli anni Ottanta del secolo scorso, è coerente con quanto osservato da Serandrei Barbero (2000) per il ghiacciaio del Canin, confermato per i ghiacciai dell'arco alpino da Smiraglia (1992) e da Santilli et al. (2002)

Fig. 14 - Alcuni degli indizi di movimenti recenti presenti nella grotta: a) le cupole nel soffitto della galleria, con tracce di movimenti lungo un piano SW-NE subverticale (dettaglio di f); b) gradino nel soffitto della galleria E; c) evidenti dislocazioni di circa 15 cm nelle cupole presenti nel soffitto della galleria E; d) installazione di un fessurimetro; e) fessurimetro 1, che nel 2019 indica oltre 1 mm di spostamento con un leggero basculamento; f) spostamenti nel soffitto della cavità (foto A. D'Andrea e A. Mocchiutti).

- *Some of the signs of recent movements: a) the domes in the ceiling of the gallera, with traces of movements along a subvertical SW-NE plane (detail of f); b) step in the ceiling of gallery E; c) dislocations of about 15 cm in the domes present in the ceiling of gallery E; d) installation of a crack-meter; e) crack-meter 1, which in 2019 indicates more than 1 mm of displacement with a slight tilt; f) dislocations in the ceiling of the cavity (photo A. D'Andrea and A. Mocchiutti).*

ed evidenziato dai dati ISPRA, che indicano come in Italia l'ultima fase di espansione glaciale sia avvenuta fra la fine degli anni settanta e l'inizio degli ottanta del secolo scorso (cfr. Fig. 12).

L'elemento fondamentale per la conservazione di un deposito glaciale è, ovviamente, la temperatura e nel caso di un cavità questa è costante e pari, indicativamente alla temperatura media annua dell'area in cui la grotta si sviluppa. Per una cavità che si apre ad oltre 2200 metri di quota nelle Alpi Carniche la temperatura interna ha un valore leggermente inferiore a 0°C[1]. Un ruolo importante è anche quello svolto dalla circolazione dell'aria.

In occasione del campionamento effettuato nell'estate del 2003 la temperatura interna risultava essere attorno a 0°C, mentre nell'ottobre del 2019 si è notato un certo gocciolamento in atto a carico delle concrezioni di ghiaccio, segno di valori di temperatura leggermente positivi.

La continua riduzione dei depositi di ghiaccio è stata determinata visivamente, in particolare valutando lo spazio libero fra il terrazzo presente lungo la galleria E e la volta di ghiaccio, nelle varie esplorazioni e quantificata in Fig. 11 che mostra un andamento piuttosto lineare del tasso di scioglimento. L'innalzamento delle temperature è ovviamente la causa prima della scomparsa di questo deposito glaciale sotterraneo, il fatto che lo scioglimento sia stato più repentino negli ultimi anni è legato al ritardo con cui un sistema sotterraneo risente della modificazioni climatiche esterne. Con molta probabilità, inoltre, lo scioglimento dei ghiacci - favorendo l'apertura di nuovi collegamenti con l'esterno e fra i "vuoti" del sistema carsico - ha modificato la circolazione dell'aria che può fungere da acceleratore per lo scioglimento dei ghiacci. Analogamente questa condizione può incrementare l'effetto delle piogge (soprattutto estive) a carico delle masse ghiacciate.

1) La temperatura media annua di Forni Avoltri è di 7,4°C ed è a circa 650 m di quota: stimando un decremento della temperatura media di 0,65° ogni 100 m di quota si può ipotizzare, per una quota attorno ai 2250 m, un valore medio attorno a -2°C; per Sappada a 1350 m di quota il valore medio è 4,7°C e si otterrebbe un valore di -1°C. Nelle parti più interne delle cavità naturali si registrano oscillazioni stagionali di temperatura dell'ordine dei pochi decimi di grado.

Fig. 15- La parete di faglia (direzione del piano NW-SE) che caratterizza il primo tratto della cavità (fra i punti B e C di Fig. 5b; foto A. D'Andrea).
- *The fault (direction NW-SE) that characterizes the first part of the cave (between points B and C of Fig. 5b; photo A. D'Andrea).*

Neotettonica

Nella cavità sono numerosi gli indizi di movimenti lungo alcune discontinuità della massa rocciosa. Si tratta di quelli che vengono definiti "indizi di neotettonica" in quanto potenzialmente significativi di attività tettonica esplicatasi negli ultimi due milioni di anni. La cavità è impostata su un fascio di faglie subverticali che si sviluppa in direzione NW-SE, dagli effetti evidenti soprattutto nel primo tratto di cavità (Fig. 15). Il settore delle Alpi Orientali in cui la cavità si apre è ritenuto generalmente inattivo e la sua sismicità è considerata medio bassa, in un settore in sollevamento (Carulli et al. 1981) (cfr. Carta del Rischio Sismico edita dall'INGV, dove la zona è indicata con valori di accelerazione massima prevista del suolo pari a 0,100-0,125g).

Tuttavia i movimenti riscontrati nelle gallerie della cavità sono chiari indizi di neotettonica e potrebbero essere indici di riattivazioni recenti dell'attività crostale. I movimenti sono evidenziati soprattutto da spostamenti lungo discontinuità parallele alle faglie strutturanti interessanti alcune condotte carsiche la cui evoluzione si è quasi fermata e le cui forme sono perfettamente conservate. Gli spostamenti osservabili (Fig. 14) sono avvenuti lungo piani a direzione NW-SE da subverticali a immergenti a Sud di circa 75° e variano generalmente da alcuni millimetri ad alcuni centimetri, mentre uno spostamento eccezionale di circa 15 centimetri si riscontra in corrispondenza di alcune cupole di corrosione allineate lungo il soffitto impostate su uno dei piani di faglia in asse delle cavità nella zona del ghiaccio.

Fessurimetro 1			
NW	0,5 mm verso N	SW	0,1 mm verso E
NE	1,7 mm verso E	SW	1,2 mm verso S
Fessurimetro 2			
NW	0 mm	SW	0 mm
NE	0,3 mm verso E	SW	0,2 mm verso S

Tab. II - Dati rilevati dai fessurimetri nel 2019, Vengono indicati gli spostamenti misurati nei 4 punti di riferimento, cfr. Fig 15e (i dati dal fessurimetro 3 non sono stati rilevati).
- *Data taken from crack-meters in 2019. The displacements measured in the 4 reference points are shown, see fig 15e (data from the crack-meter 3 were not detected).*

Fig. 16 - Tratto di galleria che mostra l'evoluzione idrologica della cavità. Ad una prima fase freatica, con la sezione a condotta forzata (condizionata dalla presenza di una faglia con inclinazione circa 75°), segue una fase vadosa, che porta ad un approfondimento della base con la formazione del meandro sulle cui pareti sono evidenti gli *scallops* e fasi di diversa capacità erosiva delle acque (foto A. D'Andrea).

- *Section of the gallery showing the hydrological evolution of the cave. At a first phreatic phase, with a phreatic passage section (conditioned by the presence of a fault with an inclination of about 75°), follows a vadose phase, which leads to a deepening of the base with the formation of the meander on whose walls the* scallops *and phases of different erosive capacity of the waters are evident (photo A. D'Andrea).*

Allo scopo di definire intensità e direzione dei movimenti, già nel 2004 sono stati posizionati tre fessurimetri, la cui posizione è indicata in Fig. 5b. Nell'arco dei 15 anni che intercorre fra il 2004 e l'autunno del 2019, lo spostamento misurato nel fessurimetro n. 1 è di oltre 1.0 mm, quello nel fessurimetro n. 2 di 0.2 mm, entrambi concordanti nel verso con la riattivazione del sistema di faglie NW-SE e con una componente suborizzontale. Nell'autunno del 2019 non si è potuto raggiungere il fessurimetro n. 3.

Per le caratteristiche geologico geometriche delle discontinuità del massiccio e per quelle geo-morfologiche della grotta si può escludere un fenomeno gravitativo profondo di versante. Si è quindi in presenza o di movimenti innescati dalle masse glaciali interne, o di movimenti crostali legati alle maree terrestri, o di una riattivazione neotettonica recente. Lungo i piani di movimento sub orizzontale non sono visibili strie ma i gradini morfologici, cosi come i rigetti sono netti e concordi in più punti lungo la cavità e sempre lungo la stessa direzione.

Caratteristiche idrologiche

La cavità, come detto, funge da sistema drenante verso l'interno, oramai poco attivo. Oltre all'andamento stesso della cavità, a testimonianza della direzione

Fig. 17 - Cristalli e infiorescenze di aragonite (foto A. Mocchiutti).
- *Crystals and inflorescences of aragonite (photo A. Mocchiutti).*

di movimento delle acque vi sono le geometrie degli scallops presenti soprattutto nel primo tratto della grotta, che indicano proprio un moto dell'acqua verso SW. Analogo è il comportamento del nuovo ramo individuato nel 2019, anch'esso non più percorso dalle acque, che convogliava le acque verso la saletta G. Il ramo si dirige, in leggera salita, verso la stessa parete del Pic Chiadenis ove si apre l'ingresso della cavità. Ciò potrebbe testimoniare fasi diverse anche nei vari periodi di attività del sistema sotterraneo (Fig. 16).

Attualmente l'ingresso si trova ad una quota di diverse decine di metri più elevata rispetto all'impluvio del Rio Avanza e a circa 200-300 m dal fondovalle, distante poche centinaia di metri dallo spartiacque fra Piave e Degano-Tagliamento. Durante il Quaternario si sono verificate significative variazioni nel reticolo drenante superficiale che non sono state registrate all'interno di questa cavità. Venturini et al. (2009), ipotizzano che, nel pre-Würmiano, le acque attualmente drenate dall'alto Degano confluissero direttamente nel bacino del Piave passando a N del Monte Siera. I fondovalle erano allora più elevati di centinaia di metri e quindi l'ingresso della cavità poteva trovarsi, in un contesto idrologico ben diverso dall'attuale, alla quota della superficie topografica esterna.

Per le vicine aree di Timau e Forni di Sopra si assumono abbassamenti dei fondovalle di 300-500 m rispetto a un generico pre-Würmiano (500-300 mila anni fa, presumibilmente nell'interglaciale Mindel-Riss, come ipotizzato da Venturini 1991, 2003): allora lo spazio dello spartiacque era molto più ampio e sistemi di drenaggio locali potevano alimentare la cavità, mentre oggi le testate dell'Alto Piave e del Rio Avanza sono praticamente a contatto a causa dell'erosione retrograda.

L'intesa attività erosiva, prima glaciale e poi fluviale, e le catture fluviali hanno portato da un lato al reticolo idrografico superficiale attuale, dall'altro a privare la cavità della sua funzione drenante, limitandone la funzione idrologica alla raccolta delle poche acque di percolazione (Fig. 16).

Minerali di grotta

Nelle cavità d'alta quota, per loro caratteristica, vi è generalmente una limitata presenza di speleotemi e anche questa grotta non sfugge alla regola: non vi sono infatti concrezioni importanti. Peculiare, però, è la presenza di infiorescenze e minuti cristalli di aragonite individuati su una parete della saletta G (Fig. 17).

L'aragonite è cristallo che tipicamente si forma in condizioni di forte evaporazione, quindi nei climi caldi. Tuttavia, se le acque contengono magnesio, anche in climi freddi e a quote elevate, per evaporazione lenta la presenza in soluzione di magnesio a bassa concentrazione (fra 4 e 5%) porta alla formazione di cristalli di aragonite. Sostituita ben presto da calcite se altre acque poverissime in magnesio interessano i cristalli aragonitici (P. Forti, com. pers.). Ecco che l'aragonite può, in condizioni quali quelle in cui si trova la cavità, rappresentare un ottimo "sensore" di variazioni ambientali.

Considerazioni conclusive

Le Grotta sotto le pareti del Pic Chiadenis è quello che potremmo definire un ottimo laboratorio sotterraneo di alta montagna in cui studiare le variazioni climatiche in atto. Non solo, ma viste le altre peculiarità geologico strutturali, idrogeologiche, minero-petrografiche può essere utilizzata anche in altre linee di ricerca applicata.

La cavità è posta a quote superiori ai 2250 m slm, unica nelle Alpi Carniche, non è lontana da strutture abitative (il rifugio Calvi del C.A.I.), è facilmente raggiungibile ma relativamente isolata. Contiene quello che resta di un deposito glaciale del quale si è definita sia l'età di formazione (circa fra il 1965 e il 1985) che l'inizio dello scioglimento (indicativamente dagli anni novanta del secolo scorso); nel 2019 il deposito è risultato essere in fase di pre-scomparsa.

La cavità non presenta difficoltà nella progressione speleologica, per cui seguire l'evoluzione in negativo (o occasionalmente in positivo) dei ghiacci mediante tecniche laser scanner ripetute consentirebbe di collegare le vicissitudini interne con le variazioni climatiche (precipitazioni e temperature) esterne.

Legati alle variazioni in spessore dei ghiacci, in un angolo della cavità vi sono depositi concrezionari di aragonite. Lo studio mediante prelievi oculati e analisi di sezioni sottili ripetuti nel tempo potrebbe portare ad interessanti ricostruzioni di micro-paleo-climatologia: il passaggio da aragonite a calcite e viceversa, con magari l'inclusione di microcristalli dedolomitici consentirebbe di ricostruire i microclimi interni (e quindi quelli esterni).

Distribuiti lungo le gallerie vi sono numerosi indizi di tettonica recente che, seguiti nel tempo mediante microfessurimetri ed immagini tridimensionali consentirebbero di appurare se i movimenti sono indotti da sforzi tettonici (sismogenetici o no) in atto o da deformazioni legate alle maree terrestri o ancora da banali deformazioni termiche.

Non solo, ma consente anche di comprendere le interrelazioni possibili fra i dati raccolti che possono fornire interessanti elementi per comprendere l'evoluzione quaternaria di questo settore, il più occidentale delle Alpi Carniche e importante snodo tettonico fra Carnia e Cadore.

L'inquadramento della cavità nel sistema ipogeo di circolazione delle acque e lo studio dei movimenti antichi e recenti idrici all'interno potrebbero fornire ulteriori elementi per disegnare i complessi rapporti fra le modificazioni del reticolo drenante superficiale e i movimenti tettonici recenti che assieme all'azione degli agenti esogeni hanno portato a catture fluviali con il conseguente spostamento degli spartiacque.

La speleologia, con le scienze ad essa collegate, è infatti uno strumento insostituibile per comprendere l'evoluzione "geologica" di un territorio, ed in tal senso alcune cavità carsiche possono divenire dei veri e propri laboratori.

Manoscritto pervenuto il 20.XI.2019, accettato il 05.XII.2019.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento ai soci del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano che con impegno ed attenzione hanno per anni raccolto dati in questo interessante sistema carsico e ad Onelio Flora e Barbara Stenni per la disponibilità nello studio dei campioni di ghiaccio e nell'elaborazione dei dati così ottenuti.

Un sentito grazie a Franco Cucchi per la disponibilità e gli utili consigli. Un doveroso ringraziamento, infine, a Paolo Forti, Maurizio Ponton, Corrado Venturini e Michele Potleca per la collaborazione.

Bibliografia

Badino, G. 1995. *Fisica del clima sotterraneo*. Bologna: Istituto Italiano di Speleologia.

Badino, G. 2004. Cave temperatures and Global Climate Change. *Intern. Jour. of Speleol.* 33 (1-4): 103-114.

Barry, R., & T.Y. Gan. 2011. *The Global Cryosphere: Past, Present and Future*. Cambridge University Press.

Carturan, L., G.A. Baldassi, A. Bondesan, S. Calligaro, A. Carton, F. Cazorzi, G. Dalla Fontana, R. Francese, A. Guarnieri, N. Milan, D. Moro & P. Tarolli. 2012. Current behaviour and dynamics of the lowermost Italian Glacier (Montasio occidentale, Julian Alps). *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 95 (1): 79-96.

Carulli, G.B. 2006. *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia (scala 1:150.000)*. Firenze: Selca, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Carulli, G.B., L. Carobene, A. Cavallin, B. Martinis, R. Onofri, F. Cucchi & F. Vaia. 1981. Evoluzione strutturale Plio-Quaternaria del Friuli e della Venezia Giulia. *Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia, CNR Progetto Fin. Geodinamica* 356: 488-545.

Castiglioni, B. 2003. Il geo-ecosistema carsico. *Studi Trentini Sci. Nat., Acta Geol.* 80: 11-6.

Colucci, R.R., & M. Žebre. 2016. Late Holocene evolution of glaciers in the southeastern Alps. *Journal of Maps*. doi: 10.1080/17445647.2016.1203216.

Colucci, R.R., D. Fontana, E. Forte, M. Potleca & M. Guglielmin. 2016a. Response of ice caves to weather extremes in the Southern Alps, Europe. *Geomorphology* 261: 1-11.

Colucci, R.R., C. Boccali,M. Žebre & M. Guglielmin. 2016b. Rock glaciers, protalus ramparts and pronival ramparts in the south-eastern Alps. *Geomorphology* 269: 112-21. doi: 10.1016/j.geomorph.2016.06.039.

Colucci, R.R., E. Forte, M. Žebre, E. Maset, C. Zanettini & M. Guglielmin. 2019. Is that a relict rock glacier? *Geomorphology* 330: 177-89. doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.002.

Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133: 1702-3.

D'Amelio, L., O. Flora & A. Longinelli. 1994. Environmental isotope data: oxigen isotope concentration in precipitation in N-E Italy (Friuli Venezia Giulia). *Min. Pet. Acta* 37: 113-24.

Dansgaard, W. 1964. Stable isotopes in precipitation. *Tellus* 16: 436-68.

Del Gobbo, C., R.R. Colucci, E. Forte, M. Triglav Čekada & M. Zorn. 2016. The Triglav glacier (south-Eastern Alps, Slovenja): volme estimation, internal charcterization and 2000-2013 temporal evolution by means of Ground Penetration Radar measurements. *Pure Appl. Geophys*. 173: 2753-66.

Flora, O., B. Stenni & G. Muscio. 2004. Analisi isotopiche preliminari su campioni di ghiaccio della Cavità alle pendici del Pic Chiadenis (Fr 2714, Alpi Carniche). In *Il fenomeno carsico delle Alpi Carniche (Friuli)*, cur. G. Muscio, 69-74. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine.

Ford, D., & P. Williams. 1989. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Unwin Hyman Ltd (2nd edition in 2007, by John Wiley & Sons Ltd).

Guglielmin, M. & C. Smiraglia. 1998. The rock glacier inventory of the Italian Alps. *Permafrost. 7th International Conference (Proceedings) Collection Noridcana* 55: 375-82.

Hill, C., & P. Forti. 1997. *Cave Minerals of the World (2nd edition)*. Huntsville: National Speleological Society.

Hohenwarter, G. 2013. Eiskar. 115 anni di misure al ghiacciaio più meridionale dell'Austria. In *Sottozero. Storie di climi e ghiacciai degli ultimi 30 mila anni. XIII Conferenza annuale UMFVG*, 26-8. Meteorologia 12 (2).

INGV, 2006. *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale*. http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html.

Jouzel, J., & L. Merlivat. 1984. Deuterium and oxygen-18 in precipitation: modeling of the isotopic effects during snow formation. *J. Geophys. Res.* 89: 11749-57.

Jouzel, J., & R.A. Souchez. 1982. Melting-refreezing at the glacier sole and the isotopic composition of the ice. *J. Glaciol.* 28 (98): 35-42.

Larsen, L. 2011. Caves of Ice. The Next Frontier in Paleoclimatology? *Earth magazine* January 2011: 44-53.

Luetscher, M., & P. Jeannin. 2004. On the role of air circulations for the presence of subsurface ice fillings: an example from Monlesi ice cave (Switzerland). *1st International Workshop on Ice Caves*.

Maggi, V., R.R. Colucci, F. Scoto, G. Giudice & L. Randazzo. 2018. Ice caves in Italy. *Ice Caves*, cur. A. Persou & S.E. Lauritzen, 399-423. Amsterdam: Elsevier.

Merlivat, L., & J. Jouzel. 1979. Global climatic interpretation of the deuterium-oxygen-18 relationship for precipitation. *J. Geophys. Res.* 84: 5029-33.

Marinelli, O. 1896. Una particolarità relativa ai limiti altimetrici dei fenomeni fisici e biologici sulle Alpi. *Riv. Geogr. It.* 3 (4): 559-62.

Mocchiutti, A. 2004. Evidenze morfologiche di movimenti tettonici recenti e attuali nelle cavità delle Alpi Carniche. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Carniche (Friuli)*, cur. G. Muscio, 47-50. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine.

Mocchiutti, A. 2009. La Grotta del Pic Chidenis. In *Andar per Grotte*, cur. G. Muscio & A. Mocchiutti, 38-41. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine.

Morandini, C. 1979. *L'abbassamento dei limiti altimetrici dei fenomeni fisici e biologici in Friuli, con particolare riguardo alle Prealpi Carniche e Giulie, visto nelle sue cause*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 28.

Santilli, M., G. Orombelli & M. Pelfini. 2002. Variations of Italian glaciers between 1980 and 1999 inferred by the data supplied by the Italian Glaciological Committee. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 25: 61-76.

Serandrei Barbero, R. 2000. I ghiacciai Occidentale e Orientale del Canin dalla fine della piccola età glaciale ad oggi. In *80° Riunione estiva, Società Geologica Italiana. Guida alle escursioni*, cur. G.B. Carulli et al., 97-101. Trieste: Università degli Studi.

Smiraglia, C.1992. *Guida ai ghiacciai e alla glaciologia. Forme, fluttuazioni, ambienti*. Bologna: Zanichelli.

Turri, S., E. Trifimova, A. Bini & V. Maggi. 2009a. Ice caves scientific research history: from XV to XIX centuries. *Data of Glaciological studies* 107: 156-62

Turri, S., V. Maggi & A. Bini A. 2009b. Ice caves as natural archives in the paleoclimatic studies. *Data of Glaciological studies* 107: 163-9.

Venturini, C. 1991. Evoluzione geologica e morfologica del bacino dell'Alto Bût. In *Pramosio*, cur. C. Venturini, 69-81. Udine: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

Venturini, C. 2003. Il Friuli nel Quaternario: l'evoluzione del territorio. In *Glacies. Catalogo della mostra*, cur. G. Muscio, 23-106. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Venturini, C. 2006. *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 48.

Venturini, C., C. Spalletta, G.B. Vai, M. Pondrelli, C. Fontana, S. Delzotto, G. Longo Salvador & G.B. Carulli. 2009. *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 031 Ampezzo*. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:
- Andrea Mocchiutti
  Circolo Speleologico e Idrologico Friulano
  Via Chisimaio 141, I-33100 UDINE
  e-mail: geo@geomok.it
- Furio Finocchiaro
  Circolo Speleologico e Idrologico Friulano
  Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi
  Via E. Weiss 2, I-34128 TRIESTE
  e-mail: finofu@units.it
- Giuseppe Muscio
  Circolo Speleologico e Idrologico Friulano
  Museo Friulano di Storia Naturale
  via Sabbadini 22-32, I-33100 UDINE
  e-mail: giuseppe.muscio@comune.udine.it

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia 40 (2018) 75-103 Udine, 10.XII.2019 ISSN: 2038-0410

Paola Visentini
Alessandro Fontana
Gabriella Petrucci
Giovanna Pizziolo
Luca Simonetto
Giovanni Tasca
Carlo G. Fiappo
Alfredo Furlan
Felice Peressin

PROGETTO DI MONITORAGGIO E DI VALUTAZIONE DEL POTENZIALE PREISTORICO E PROTOSTORICO DELL'AREA GOLENALE DEL TORRENTE TORRE (PROVINCIA DI UDINE, ITALIA NORD-ORIENTALE)

MONITORING AND ASSESSMENT PROJECT FOR THE PREHISTORIC AND PROTOHISTORIC POTENTIAL OF THE RIVER TORRE'S ALLUVIAL PLAIN (PROVINCE OF UDINE, NORTH-EASTERN ITALY)

Riassunto breve - Gli autori presentano i primi dati sul progetto di ricerca condotto nell'area golenale del Torrente Torre, tra i comuni di Pavia di Udine e di San Vito al Torre. La zona, caratterizzata da una forte dinamica fluviale, consente di raccogliere numerosi dati sul potenziale archeologico, in particolare preistorico e protostorico, di questo tratto della pianura udinese.
Parole chiave: Neolitico antico, Eneolitico, Bronzo Antico, Bronzo Medio, Potenziale archeologico, Friuli.

Abstract - *The authors present the preliminary data on the research project carried out in the alluvial plain of the Torre River, in the territory of Pavia di Udine and San Vito al Torre. The area, characterized by a strong river dynamics, allows to collect information on the archaeological potential, in particular prehistoric and protohistoric, of this part of the Udine plain.*
Key words: *Early Neolithic, Copper Age, Ancient Bronze Age, Middle Bronze Age, Archaeological potential, Friuli.*

1. Introduzione al progetto (LS, PV)[1]

Da numerosi anni il Museo Friulano di Storia Naturale, in base ad una convenzione stipulata con la competente Soprintendenza, svolge attività di monitoraggio di alcune aree della provincia di Udine, note per la presenza di evidenze a carattere preistorico e al contempo esposte a repentine e apprezzabili modificazioni dell'ambiente, che possono causare la perdita di dati archeologici.

Di recente, tra i casi più interessanti, è stata individuata l'ampia area golenale del Torre, corso a regime torrentizio, caratterizzato da forti ed improvvise piene che ne modificano sensibilmente il corso, generando in taluni casi la copertura e, in altri, l'esposizione di zone di ampiezza anche ragguardevole, che diventano così perlustrabili nei momenti di siccità (Fig. 1). Il progetto ha posto particolare attenzione sul tratto del torrente, compreso tra i comuni di Pavia di Udine e di San Vito al Torre, che costituisce la porzione di un'area, nota per aver restituito nel tempo numerosi ritrovamenti di superficie attribuibili al periodo preistorico e protostorico (Tagliaferri 1986; Trivignano Udinese e la sua storia 2004; Borzacconi et al. 2006)[2]. In questa sede, presentiamo i dati preliminari del progetto, che ha consentito l'individuazione di alcune località e l'intervento stratigrafico in una di queste aree, considerate tra le più promettenti e già oggetto di indagini nel 1993 (Pessina 1993).

2. Potenzialità archeologica e paesaggio preistorico: fonti e strumenti di gestione (GiP)

Nell'ambito del progetto di studio sulle indagini e interventi di urgenza nell'area golenale del Torrente Torre è emersa la necessità di archiviare e gestire in

1) I contributi dei diversi autori sono segnalati con le seguenti sigle: Paola Visentini (PV), Alessandro Fontana (AF), Gabriella Petrucci (GP), Giovanna Pizziolo (GiP), Luca Simonetto (LS), Giovanni Tasca (GT), Carlo Giovanni Fiappo (CGF), Alfredo Furlan (AlF), Felice Peressin (FP).

2) Oltre ai dati noti in bibliografia, l'archivio della Soprintendenza riferisce di due indagini eseguite nell'alveo del Torrente Torre nel 1943 e nel 1997, al momento non meglio precisabili.

Fig. 1 - Il Torrente Torre dall'area del guado di Nogaredo al Torre (vista verso nord; foto di Ivano Sebastianutto).
- *The Torre River from the overflow area of Nogaredo al Torre (view to the north; photo by Ivano Sebastianutto).*

Legenda
INDAGINI - SITI
MURIS
SOPRA VILLA
NOGAREDO SCAVO 2015
NOGAREDO SCAVO 1993
SAN VITO AL TORRE
N
Kilometers
0 0.5 1 2 3 4 5

Fig. 2 - Distribuzione dei siti citati nel testo (sulla base della carta in scala 1:25.000 Regione Friuli Venezia Giulia).
- *Distribution map of the sites described in the text (from the digital map at the scale 1:25.000 Regione Friuli Venezia Giulia).*

modo organico le informazioni inerenti questo territorio che, sebbene si configuri ad alto potenziale archeologico, è reso estremamente vulnerabile dalle dinamiche fluviali che a tratti compromettono pesantemente la conservazione dei contesti archeologici. Date queste premesse si è deciso di strutturare un sistema di gestione integrata dei dati relativi alle attività di recupero, da sviluppare attraverso l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico (GIS). Come è noto infatti il GIS permette di creare e collegare archivi in cui le emergenze archeologiche sono schedate all'interno di database e descritte da geometrie georeferenziate, rendendo così possibile visualizzare e contestualizzare i siti nel territorio di riferimento. In tal modo, ad esempio, si possono osservare le distribuzioni delle evidenze archeologiche su basi cartografiche diverse (topografiche, catastali, tematiche), su fotografie aeree o immagini satellitari.

La gestione organica dei dati costituisce il punto di partenza del progetto GIS che si sviluppa, in questa prima fase, attraverso un processo di validazione delle informazioni provenienti dagli scavi e, conseguentemente, la tematizzazione dei dati sia a scala di dettaglio che a scala territoriale. Appare tuttavia evidente come il GIS si configuri non solo come un supporto per l'archiviazione e gestione del dato archeologico ma anche come un potente strumento di indagine e analisi spaziale[(3)]. Nel nostro caso quindi, oltre a contestualizzare al meglio i dati riferibili alle indagini sul terreno, si intende sfruttare le possibilità di interazione delle fonti cartografiche - soprattutto relative alla geomorfologia - e da *Remote Sensing* al fine di ricostruire la dinamica del paesaggio con particolare attenzione alla paleo idrografia e gli assetti della frequentazione preistorica dell'area. Infatti, se tutti i dati vengono ricondotti ad un unico sistema di riferimento, il GIS, indipendentemente dal fattore di scala, consente di integrare le informazioni di dettaglio provenienti dagli interventi di emergenza con altre informazioni di archivio relative a scavi di importanti contesti coevi venuti alla luce nelle indagini precedenti[(4)].

I dati sulla frequentazione dal Neolitico all'età del Bronzo possono in questo modo essere messi in relazione con le informazioni geomorfologiche al fine di identificare le unità di paesaggio relative agli assetti della pianura durante le varie fasi dell'Olocene[(5)]. In questa prospettiva le finalità della ricerca ben si integrano con le necessità di monitorare i contesti a rischio. Potenzialità archeologica e analisi sulla predittività si articolano fra loro e si sviluppano utilizzando di fatto la stessa base di dati[(6)].

Per il territorio in esame è importante ad esempio registrare le quote assolute delle paleosuperfici riferibili alla frequentazione preistorica al fine di metterle in relazione e determinare il loro andamento al di là del singolo dato puntuale di scavo, ovvero analizzarle a scala paesaggio. Si mira in questo modo a ricostruire la modellazione del paleosuolo che è stato frequentato a partire dall'ultimo massimo glaciale[(7)]. In chiave applicativa le attività di monitoraggio sulla trasformazione recente dell'area in esame, in particolare per quanto riguarda i fenomeni erosivi e le attività di piena del Torrente Torre, si possono ben comprendere anche attraverso la comparazione fra fonti cartografiche diverse. A titolo esemplificativo riportiamo un confronto fra le fonti realizzato per contestualizzare i dati provenienti dalle indagini svolte a Nogaredo nel 1993 e nel 2015. Le aree di scavo segnalate in carta (Fig. 14a) sono posizionate in contesti che ad oggi appaiono profondamente mutati. Infatti la visualizzazione delle aree su basi cartografiche diverse permette di evidenziare ulteriormente questo fatto.

È interessante notare la dinamica transizionale dell'alveo avvenuta negli ultimi decenni e porla in relazione all'area dove si sono svolte le indagini di scavo: nella carta topografica in scala 1:5000 (Fig. 14b) realizzata fra il 2003 e il 2006 l'area di scavo del 2015 risulta localizzata in una morfologia sopraelevata e distante dal canale attivo almeno 50 m, mentre la situazione risulta ben diversa nella visualizzazione del Modello Digitale del Terreno (DTM) rilevato negli anni seguenti[(8)] dove le forme erosive dell'alveo sono diverse e molto più vicine all'area di scavo (Fig. 14b). Di fatto la situazione durante l'intervento del 2015 era ulteriormente cambiata e lo scavo risultava quasi al limite della sponda del canale. Il confronto con la situazione dell'alveo attestata durante gli scavi del 1993 registra una situazione ulteriormente diversa rispetto ad oggi. Infatti le aree che furono oggetto di indagine sono attualmente sepolte sotto una consistente coltre di ghiaie depositate negli ultimi anni dal Torrente Torre. L'esempio illustra le possibilità di analisi territoriale e le potenzialità interpretative date dall'osservazione delle variazioni degli assetti topografici ottenute da un confronto fra diversi livelli informativi. La così detta analisi multi-temporale, ovvero il confronto fra fonti

3) Sull'uso del GIS per indagare le dinamiche fra uomo e ambiente nella preistoria in relazione alla paleo-idrografia si veda Pizziolo 2018 (cum bibl.).
4) Per un inquadramento generale sulle dinamiche di popolamento di questo territorio a partire dal Neolitico antico si vedano i successivi paragrafi e Ferrrari et al. 2018.
5) Vedi Fontana, in questo contributo.
6) Sulle metodologie di studio per analisi predittive di contesti preistorici cfr. Pizziolo & Sarti 2015.
7) Vedi Fontana, in questo contributo.
8) Il DTM è stato derivato dal rilievo Lidar (Light Detection and Ranging), con densità media di 4 punti al metro quadro, effettuato nel periodo 2006-2010 per le attività istituzionali della Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia: http://www.regione.fvg.it/rafvg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/conoscere-ambiente-territorio.

relative a periodi diversi, serve ad evidenziare le tendenze di trasformazione del paesaggio che nel caso del Torrente Torre sono fondamentali e costituiscono una base di partenza per pianificare in futuro azioni di monitoraggio sul terreno. La possibilità di visualizzare insieme le diverse aree di scavo risulta poi ulteriormente utile e permette di ricomporre un quadro ad oggi non più percepibile. La posizione delle aree di scavo non trova infatti più riferimento negli assetti attuali, l'unico modo per indagare i reciproci rapporti spaziali fra le diverse strutture e piani di frequentazione preistorica avviene attraverso una ricomposizione virtuale dei diversi elementi che possono essere evidenziati in base alle diverse fasi di occupazione. Tale processo permette di collegare e progressivamente aggiornare con le nuove informazioni provenienti dalle indagini sul campo, le evidenze che possono essere ricondotte ad una stessa "unità insediativa"[(9)]. Questa ipotesi interpretativa, sviluppata attraverso le modalità di verifica topografica "a posteriori" rese possibili dall'uso del GIS, permette di ipotizzare l'appartenenza dei diversi lacerti di frequentazione ad una unica fase d'uso, o a più episodi di frequentazione avvenuti in tempi ravvicinati o in modo ripetuto. Si tratta di una operazione necessaria quando, spesso per motivi imposti dalle condizioni di urgenza delle indagini, non è stato possibile seguire il piano di frequentazione per tutta la sua estensione. Nel caso in esame le condizioni di continuo mutamento imposte dal regime del Torrente Torre suggeriscono che la ricostruzione virtuale in ambiente GIS dei rapporti topografici fra le indagini di scavo risulta spesso l'unico modo per poter ottenere una visione complessiva delle evidenze preistoriche messe in luce negli ultimi decenni.

3. Geomorfologia dell'area (AF)

Il settore investigato si trova nell'alta pianura friulana, nel tratto in cui il Torrente Torre presenta un alveo prevalentemente sinuoso a meandri, ma con alcuni tratti in cui diviene transizionale, anche con canali multipli, sebbene con un limitato indice di intrecciamento.

La visibilità dei siti archeologici analizzati è principalmente legata all'evoluzione che il corso d'acqua ha subito nel corso degli ultimi 200 anni, che è stata caratterizzata da un evidente processo di restringimento e approfondimento dell'alveo. In particolare, rispetto agli inizi del XIX secolo, l'ampiezza del corso si è ridotta di valori fino al 70% circa, mentre il livello dell'alveo si è abbassato ovunque di circa 2-3 m, ma con massimi localizzati fino a 5-6 m (Surian et al. 2009). Tale dinamica si è manifestata soprattutto negli ultimi 50 anni ed è stata causata dall'ingente escavazione di ghiaie direttamente dall'alveo e dalla costruzione di briglie e traverse, che nell'insieme hanno stravolto l'originaria morfologia del corso d'acqua (Surian et al. 2009).

In buona parte la possibilità di ritrovare i siti studiati è legata proprio a questi processi di incisione fluviale, che hanno esumato strati che fino agli inizi del XX secolo si trovavano alcuni metri sotto la superficie, coperti dalle ghiaie dell'alveo. Infatti nel corso dell'Olocene superiore il Torre ha avuto un'importante attività deposizionale a valle del colle di Buttrio (unità GRA, GRA1 e GRA2 in Fig. 3a), che gli ha consentito di ricoprire con 2-4 m di ghiaie estese porzioni della pianura dell'ultimo massimo glaciale (LGM; Comel 1958; Fontana 2006a; Fontana et al. 2019). Questi depositi relativamente recenti hanno in parte sepolto anche aree piuttosto distanti dall'alveo attuale del Torre, come a ovest dell'abitato di Pavia di Udine, dove sedimenti limosi e sabbiosi hanno in parte coperto importanti presenze neolitiche (Pessina et al. 2018).

I siti considerati in questa ricerca verosimilmente insistevano tutti sulla superficie del LGM, formatasi nella zona tra 24.000 e 19.000 anni fa (cfr. Fontana et al. 2014, 2019). L'area considerata è situata nel settore di contatto tra i depositi trasportati dal Torre stesso (unità SPB4 in Fig. 3a) e quelli più orientali, pertinenti ai torrenti Natisone (unità CIV), Judrio e Versa (unità BTR).

L'antica paleosuperficie è caratterizzata da suoli ben evoluti e rubefatti, talvolta con presenza di orizzonti argillici che sono molto coesivi e sono responsabili della resistenza all'erosione e della conservazione di alcuni lembi antichi all'interno dell'attuale alveo del torrente (Fig. 3 b, c). Infatti i depositi ghiaiosi soprastanti sono molto più facilmente asportabili dalle correnti di piena del Torre.

Sovente sulle estese porzioni areali esumate della pianura antica, dove si trovano anche i reperti e le strutture archeologiche, sono visibili abbondanti screziature di ossidi di ferro e manganese con colori rossastri e nerastri, disposte lungo "fiamme ruggini" lunghe vari metri o in coccarde concentriche del diametro di alcuni decimetri. Si tratta di figure pedogenetiche particolari, probabilmente generate dall'azione di ossido-riduzione svoltasi all'interno del suolo antico dopo esser stato sepolto. Infatti, dopo la copertura da parte dei sedimenti ghiaiosi più recenti, si può immaginare che le acque di subalveo che negli ultimi millenni hanno fluito all'interno delle ghiaie soprastanti la paleosuperficie abbiano trovato in essa un'interfaccia molto impermeabile, attivando estesi processi di gleyficazione.

9) Il concetto di "unità insediativa" è stato più volte usato in contesti dove le indagini di emergenza non hanno permesso di portare alla luce in estensione aree di frequentazione estese, talvolta caratterizzate da evidenze poco strutturate, di cui si possono solo seguire le dispersioni attraverso la ricomposizione topografica dei singoli elementi. Per approfondimenti si veda Pizziolo 2018 e un recente esempio in Sarti et al. 2019).

Fig. 3 - a) Stralcio della Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia (modificato da Fontana et al., 2019). Legenda: 1) traccia di sovrascorrimento sepolto; 2) orlo di scarpata fluviale; 3) limite superiore delle risorgive; 4) traccia di paleoalveo; 5) unità di Buttrio; 6) unità indifferenziate; 7) unità superiore dei bacini secondari; 8) unità di Cividale; 9) unità di Remanzacco; 10) unità di Grado indifferenziata; 11) unità di Aquileia; 12) unità di Monastero.
b) Alveo del Torrente Torre poco a monte del guado di Nogaredo, 2011: si notano i lacerti dell'antica superficie formata da limi e limi argillosi, coperti dalle ghiaie attuali e caratterizzata da tracce erosive parallele (foto A. Fontana).
c) una delle "coccarde" di screziature costituite da ossidi di ferro e manganese (foto A. Fontana).

- *Portion of the Map of the geological units of the plain of Friuli Venezia Giulia (modificed from Fontana et al. 2019). Legend: 1) trace of buried thrust; 2) scarp of river terrace; 3) upper limit of the spring belt; 4) trace of paleochannel; 5) unit of Buttrio; 6) undifferentiated units; 7) upper unit of secondary basins; 8) unit of Cividale; unit of Remanzacco; 10) undifferentiated unit of Grado; 11) unit of Aquileia; 12) unit of Monastero.*
b) Channel of Torre River upstream of the ford of Nogaredo, 2011 (photo by A. Fontana): the remnants of the ancient surface are visible and they consist of silts and clayey silts, buried by recent gravels and characterized by erosive parallel groove marks.
c) A cockarde-like mottling made of iron and manganese oxides (photo by A. Fontana).

Fig. 4 - L'alveo del Torrente Torre (vista verso nordovest) con la posizione delle località Muris (A) e Nogaredo al Torre, "Sopra Villa" (B; foto di Ivano Sebastianutto).
- *The overflow area of the Torre River (view to the northwest) with the location of the sites Muris (A) and Nogaredo al Torre, "Sopra Villa" (B; photo by Ivano Sebastianutto).*

4. Pavia di Udine, località di Muris (CGF)

La località è stata individuata nel 2002 in occasione di un escavo condotto dal Consorzio di Bonifica Ledra-Tagliamento di un canale di scolo, la cui cementificazione ha attualmente obliterato l'area del ritrovamento. Il materiale archeologico è stato recuperato in sezione, dove era visibile una lente di terreno antropizzato.

La pulizia superficiale della sezione ha consentito il recupero di alcuni manufatti litici e di un frammento di parete di recipiente con un attacco di ansa a nastro, con tratto superiore tendenzialmente orizzontale. Si suppone che la lente antropizzata potesse essere solo il margine di una struttura completamente distrutta dall'escavo del canale (Borzacconi et al. 2006, pag. 21).

5. San Vito al Torre, località Nogaredo "Sopra Villa" (CGF, FP)

La località è stata individuata da uno degli autori (FP) nei pressi del guado sul Torrente Torre, in un'area golenale attualmente posta nei pressi della destra idrografica del torrente. Qui fu individuata una zona antropizzata, ricca di materiale archeologico, quasi esclusivamente costituito da reperti fittili, a cui si devono associare pochi resti di fauna.

Le modalità di rinvenimento consentirono solo un recupero dei reperti, senza la possibilità di raccogliere dati stratigrafici, campioni e osservazioni utili ad inquadrare il ritrovamento dal punto di vista paleoeconomico e funzionale.

5.1. La produzione ceramica (GT)

Dalle raccolte di materiali effettuate nella località, vi è una quantità relativamente modesta di frammenti ceramici attribuibili, in base agli elementi tipologici o all'impasto, all'età del Bronzo. Si tratta nel complesso di 256 frammenti, che in alcuni casi conservano il profilo abbastanza completo di alcune forme di piccole dimensioni. Come detto, non si hanno purtroppo notizie circa le modalità di affioramento dei reperti né quindi sui possibili contesti di provenienza o sulle associazioni originarie. Rimane solo per un piccolo gruppo di 11 reperti un'indicazione di provenienza più circoscritta, che potrebbe fare riferimento ad un contesto di rinvenimento unitario ma di cui non ci è noto il significato; essi vengono comunque presentati a parte rispetto agli altri (gruppo A).

In seguito ad una prima ricognizione del materiale si è preliminarmente proceduto ad una classificazione degli impasti, qui di seguito riportata:

1: impasto poco omogeneo, a linee di discontinuità subparallele orizzontali o oblique, relativamente compatto, con rari vuoti d'aria o porosità dovute a

materiali organici, con relativamente abbondanti inclusi grigio nerastri minuti, inclusi calcitici fino a medi piuttosto radi, presenza discontinua di vacuoli da decadimento di inclusi; corpo ceramico grigio nerastro, superficie esterna tendenzialmente ossidata, di colore prevalentemente bruno rossastro, con sottostante straterello millimetrico ossidato, superficie interna tendenzialmente coincidente con la sola pellicola superficiale, con prevalente esito riducente della cottura e colore da bruno molto scuro a nero. In base allo spessore della parete, alla maggiore o minore omogeneità della massa di fondo e alla dimensione e distribuzione degli inclusi si sono distinte diverse produzioni, dalle più fini (A1) alle più grossolane (A4);

2: impasto disomogeneo, grumoso, a linee di discontinuità suborizzontali, con talora vistosi vuoti d'aria in prossimità di inclusi, con relativamente numerosi inclusi calcitici fino a medi e abbondante *chamotte* in clasti a spigoli arrotondati fino a grandi[10];

3: impasto compatto particolarmente ricco di inclusi litici minuti e puntiformi, visibili in superficie, che ha colore grigio scuro[11]; è attestato da un solo caso.

5.1.1. San Vito al Torre, Nogaredo, Località Sopra Villa "pavim. 6 B16" (GT)

A1: frammento di scodella troncoconica: margine tagliato obliquamente all'esterno, orlo non distinto, vasca a profilo rettilineo mediamente profondo; poco sotto l'orlo è applicato un cordone orizzontale a sezione triangolare a piccole impressioni subcircolari contigue; impasto 1 fine, superfici accuratamente lisciate, esterno bruno rossastro chiaro, interno bruno grigiastro; 4,4x3,8 cm; Fig. 5, 1.
Cfr. Zendron 2017, fig. 4, 1 (Ronchi di Gagliano).

A2: fr. di scodella: margine tagliato verticalmente, orlo a tesa appena inclinata formante spigolo vivo interno con la vasca a profilo emisferico; impasto A fine, superfici lisciate piuttosto accuratamente, esterno bruno rossastro scuro, interno bruno molto scuro - nerastro; 4,3x3,6 cm; Fig. 5, 2.
Cfr.: Lonza 1981, tav. 25, 9 (Elleri).

A3: tazza globosa: margine arrotondato, ampio orlo moderatamente svasato distinto da risega discontinua dal corpo globoso poco prominente e relativamente profondo, fondo piano incavato; tra l'orlo e la massima espansione è impostata un'ansa a nastro verticale stretto tendente al tipo a fronte triangolare, con sull'apice superiore traccia del distacco di un elemento decorativo a base subcilindrica (un bottone?); impasto 1 semifine, superfici accuratamente lisciate, esterno bruno rossastro scuro, interno nerastro; ampiamente ricomposta, Ø 12, h 11 cm; Fig. 5, 3.
Cfr.: Gilli & Montagnari Kokelj 1993, fig. 67, 699 (Grotta dei Ciclami); Hellmuth Kramberger 2017, Taf. 6, 11; 114, 3 (Moncodogno); Lonza 1981, tav. 1, 4, 5 (Elleri).

A4: frammento di olla: margine tagliato obliquamente all'interno, ampio orlo rientrante a profilo arcuato continuo con l'accenno di parete subcilindrica; impasto 1 semifine, superfici lisciate rosso arancio; ampiamente ricomposto Ø 24, h 12 cm; Fig. 5, 4.
Cfr.: Borgna 1994, fig. 34, 66 (Braida Roggia); Tasca 2010-2011, tav. 21, 73 (Piancada, Idrovora Volpares); Càssola Guida et al. 2018, fig. 6, 7 (Galleriano).

A5: frammento di orlo svasato a profilo rettilineo, con traccia di netta articolazione del profilo alla base; impasto 1 semifine, superfici lisciate, esterno bruno scuro, interno nero; 7,8x3,6 cm; Fig. 5, 5.
Cfr.: Kerman 2014a, fig. 1.14, 14 (Pod Grunti SE 400); Tasca 2010-2011, tav. 22, 87-89 (Piancada, Idrovora Volpares).

A6: frammento di fondo piano con attacco a spigolo smussato e appena ispessito a tacco alla parete svasata a profilo rettilineo; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate, esterno bruno rossastro chiaro e rosso arancio, interno bruno grigiastro e bruno grigiastro scuro; Ø 10; h 3,6 cm; Fig. 5, 6.

A7: frammento di fondo piano con attacco a spigolo vivo ispessito a tacco a profilo troncoconico alla traccia di parete nettamente svasata; impasto 1 grossolano, superfici lisciate, esterno bruno rossastro chiaro, interno bruno grigiastro scuro; 8,1x2 cm; Fig. 5, 7.

A8: frammento di parete decorata da cordone applicato a sezione triangolare con digitazioni oblique contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno scuro e bruno molto scuro nerastro; 5,4x6,1 cm; Fig. 5, 8.

A9: frammento di parete appena arcuata decorata da cordone applicato a sezione triangolare con digitazioni circolari non contigue, ad andamento angolare; impasto 1 grossolano, superfici lisciate, esterno bruno scuro, interno bruno nerastro; 8,2x6,3 cm; Fig. 5, 9.

A10: frammento di parete decorata da cordone applicato orizzontale a sezione subtriangolare a profonde

10) L'impasto appare sostanzialmente analogo a quello definito "B" in diversi contesti del BR (Bronzo Recente) iniziale e pieno della Pianura Friulana (Lambertini & Tasca 2006, p. 219, impasto B; Tasca 2010-2011, pp. 44; 50), differenziandosene, tuttavia, per la vistosa presenza di *chamotte*, tratto che nella bassa Pianura Friulana caratterizza la sola produzione ceramica di Piancada Idrovora Volpares (Tasca 2010-2011, pp. 83-84).

11) L'impasto è analogo a quello definito "C" in contesti del BR iniziale e pieno della Pianura Friulana quali quelli di Piancada Idrovora Volpares (Tasca 2010-2011, p. 83, impasto C) e di Rividischia (Lambertini & Tasca 2006, p. 219, impasto C).

Fig. 5 - San Vito al Torre, Nogaredo, località Sopra Villa "pavim. 6 B16": scodelle (nn. 1-2), tazza (n. 3), olle (nn. 4-5), fondi (nn. 6-7), pareti decorate (nn. 8-9) (nn. 1, 3, 4, 6, 8, 9: dis. G. Merlatti; nn. 2, 5, 7: dis. G. Tasca).
- *San Vito al Torre, Nogaredo, località Sopra Villa "pavim. 6 B16": bowls (nn. 1-2), cup (n. 3), pots (nn. 4-5), bases (nn. 6-7), decorated pots wall sherds (nn. 8-9) (nn. 1, 3, 4, 6, 8, 9: drawings by G. Merlatti; nn. 2, 5, 7: drawings by G. Tasca).*

impressioni trasversali contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno rossastro scuro e bruno molto scuro; 3,8x4,8 cm.

A11: frammento di parete; impasto 1 fine, superfici lisciate accuratamente bruno rossastro scuro; 2,6x2,6 cm.

5.1.2. San Vito al Torre, Nogaredo, Località Sopra Villa (GT)

B1: frammento di orlo: margine tagliato orizzontalmente, orlo svasato; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno rossastro e bruno scuro nerastro; 2,9x2,5 cm; Aq 213510; Fig. 6, 1.

B2: frammento di scodella: margine appiattito ed appena aggettante, orlo non distinto, vasca a profilo troncoconico arcuato; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno rossastro; 3,1x2,8 cm; Aq 213519; Fig. 6, 2.

B3: frammento di scodella troncoconica: margine tagliato orizzontalmente esternamente appena aggettante, orlo non distinto, vasca a profilo rettilineo mediamente profondo; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate, esterno rosso scuro, interno nerastro; 3,5x1,9 cm; Aq 213508; Fig. 6, 3.
Cfr.: Tasca 2010-2011, tav. 18, 41 (Piancada, Idrovora Volpares); Facchin & Tasca 2018, fig. 3, 2 (Annone Veneto).

B4: frammento di scodella carenata: margine tagliato verticalmente, orlo svasato a profilo continuo con la parete svasata concava, carena accennata, vasca a profilo arcuato poco profondo; impasto 1 semifine, superfici lisciate accuratamente, esterno bruno grigiastro, interno nerastro; 5x5 cm; Aq 213490; Fig. 6, 4.
Cfr.: Tasca 2010-2011, tav. 31, 20 (Muzzana Bonifica); Bratina 2018, fig. 2, 8 (Vojščica-Tabor); Schamberger 2007, Taf. 8, 34 (Vorwald).

B5: frammento di tazza carenata: margine arrotondato, breve orlo svasato a profilo continuo con la parete verticale concava, carena angolata, vasca a profilo arcuato mediamente profondo; impasto 1 semifine, superfici lisciate accuratamente bruno scuro e grigio nerastro; Ø 11; h 7,2 cm; Aq 213492; Fig. 6, 5.
Cfr.: Càssola Guida et al. 2004, fig. 5A/1 (Castions di Strada, falde di accumulo del II aggere); Vitri et al. 1994, fig. 5, 2 (Porpetto, US 91); Moretti 1978, fig. 3, 6 (Nivize); Bressan 1997, fig. 1 (Fiume Stella); Murgelj 2013, p. 311, n. 1130 (Podsmreka); Kerman 2014a, fig. 1.14, 4 (Pod Grunti, SE 400-504); Jilg 2008, fig. 4/7 (Lödensdorf, Stiria).

B6: frammento di tazza carenata: margine arrotondato, orlo svasato a profilo continuo con la parete verticale concava, carena smussata, vasca a profilo arcuato profondo; impasto 1 fine, superfici lucidate nere; 7,2x6,8 cm; Aq 213498; Fig. 6, 6.
Cfr.: Corazza 2018, fig. 3, 7 (Sedegliano, fossato di seconda fase); Tasca 2010-2011, tav. 18, 26-27; 27, 11 (Piancada, Idrovora Volpares).

B7: frammento di tazza globosa a collo distinto: margine arrotondato, breve orlo svasato a profilo continuo con il collo cilindrico, che è distinto alla base da una sottile solcatura orizzontale, spalla arcuata, corpo globoso poco espresso; impasto 1 fine, superfici lisciate accuratamente bruno scuro e grigio nerastro; Ø 12; h 7,1 cm; Aq 213494; Fig. 6, 7.
Cfr.: Knavs & Mlinar 2005, T. 1, 1 (Turjeva Jama di Robić); Črešnar 2014, fig. 23.4.5, 7 (Bevke-Zaloke).

B8: frammento di tazza carenata: margine arrotondato, breve orlo svasato a profilo continuo con la parete rientrante subrettilinea, con traccia alla base di innesto su una articolazione del profilo; impasto 1 fine, superfici accuratamente lisciate bruno scuro nerastro; 3,6x3,2 cm; Aq 213509; Fig. 6, 8.
Cfr.: Borgna 1994, fig. 37, 106 (Braida Roggia); Lambertini & Tasca 2006, fig. 13, 36 (Rividischia); Càssola Guida & Corazza 2018, fig. 3, 9 (Variano); Tasca 2010-2011, tav. 18, 28 (Piancada, Idrovora Volpares); 32, 37 (Muzzana Bonifica).

B9: frammento di scodellone: margine arrotondato, orlo non distinto, parete a profilo subcilindrico su cui è impostato immediatamente sotto l'orlo un cordone poco rilevato; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno molto scuro; 3x3,4 cm; Aq 213502; Fig. 6, 9.
Cfr.: Tasca 2010-2011, tav. 17, 8 (Piancada, Idrovora Volpares); 6, 7 (San Vito al Tagliamento, loc. Boscat); 2, 8 (Azzano Decimo, loc. Le Fratte).

B10: frammento di olletta ovoide: margine appiattito, esternamente aggettante e superiormente decorato da tacche oblique, orlo non distinto, breve spalla molto sfuggente, corpo ovoide poco espanso; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno scuro nerastro; 1,9x2,7 cm; Aq 213507; Fig. 6, 10.
Cfr.: Tasca 2010-2011, tav. 18, 32 (Piancada, Idrovora Volpares); Frassine et al. 2018, fig. 2, 27 (San Quirino); Facchin & Tasca 2018, fig. 3, 5 (Annone Veneto).

B11: frammento di olla: margine appiattito decorato ad impressioni contigue, breve orlo svasato, spalla molto sfuggente decorata da un cordone a sezione triangolare ad andamento curvilineo, corpo ovoide poco espanso; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno rossastro e nero; Aq 213483; Fig. 6, 11.
Cfr.: Moretti 1983, tav. 36, 19 (Elleri); Grillo et al. 1992, fig. 11, 2 (Bannia); Pettarin et al.1996, fig. 16, 2 (San Tomè di Dardago); Tasca 2010-2011, Tav. 41, 20 (Marano).

B12: frammento di olletta ovoide: margine arrotondato, breve orlo svasato, ampia spalla molto sfuggente; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno rossastro; Ø 16,5; 5,9x5,6 cm; Aq 213504; Fig. 6, 12.
Cfr.: Montagnari Kokelj 1989, tav. 23, 2 (San Polo); Muggia 1997, tav. 4, 9 (Montedoro); 17, 7 (Elleri, US 23); Lambertini & Tasca 2006, fig. 11, 27 (Rividischia); Tasca 2010-2011, tav. 20, 69 (Piancada, Idrovora Volpares); 46, 52 (San Giorgio di Nogaro, loc. Planais); Kerman 2014b, fig. 7.4.10, 5 (Pod Kotom-sever).

B13: frammento di olletta: margine tagliato orizzontalmente, ampio orlo nettamente svasato ispessito verso l'estremità, traccia dell'innesto alla spalla marcata; impasto 1 semifine, superfici lisciate esterno bruno scuro, interno nerastro; 6x3 cm; Aq 213484; Fig. 6, 13.
Cfr.: Stacul 1972, fig. 4/9; Pettarin et al. 1996, fig. 15/3 (San Tomè di Dardago); Lambertini & Tasca

2006, fig. 12, 33 (Rividischia); Tasca 2010-2011, tav. 34, 79 (Muzzana Bonifica); Facchin & Tasca 2018, fig. 3, 10 (Annone Veneto).

B14: frammento di olla: margine tagliato orizzontalmente, orlo svasato a profilo rettilineo, ispessito all'estremità, ampia spalla sfuggente; impasto 1 fine, superfici lisciate accuratamente bruno chiaro e bruno nerastro; 6,5x3,4 cm; Aq 213499; Fig. 6, 14.

B15: frammento di olla biconica: margine tagliato orizzontalmente decorato da impressioni non contigue, breve orlo verticale alla cui base è impostato un cordone orizzontale a sezione triangolare con impressioni subcircolari ravvicinate, ampia spalla inclinata a profilo rettilineo; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno rossastro; 4,2x3,8 cm; Aq 213485; Fig. 6, 15.
Cfr.: Kerman 2014a, fig. 1.18, 2 (Pod Grunti SE 1369).

B16: 4 frammenti non ricomponibili di olla biconica: margine tagliato obliquamente, brevissimo orlo appena svasato, alla base del quale è impostato un cordone orizzontale a sezione triangolare, ampia spalla molto marcata; 3x5,5 cm (frammento con orlo); Aq 213503; Fig. 6, 16.
Cfr.: Càssola Guida & Corazza 2018, fig. 3, 15, 16 (Variano).

B17: frammento di orlo: margine tagliato orizzontalmente, brevissimo orlo subverticale, spalla a profilo fortemente marcato; impasto 1, superfici lucidate e steccate, nere; 4,2x3,3 cm; Aq 213518; Fig. 6, 17.
Cfr.: Borgna 1994, fig. 41, 122; 49, 159 (Braida Roggia); Ahumada Silva et al. 1989, tav. 7, 10 (Castellazzo di Doberdò); Tasca 2005, fig. 7, 6 (Pieve di Rosa).

B18: frammento di orlo di tazza o olletta: margine arrotondato, ampio orlo svasato; impasto 1 semifine, superfici lisciate brune; 2,5x4 cm; Aq 213512b; Fig. 6, 18.
Cfr.: Tasca 2010-2011, tav. 32, 37 (Muzzana Bonifica).

B19: frammento di orlo di tazza o olletta: margine arrotondato, ampio orlo molto svasato; impasto 1 semifine, superfici lisciate brune; 4,9x4 cm; Aq 213512a; Fig. 6, 19.

B20: 18 frammenti di orli svasati in impasto 1 fine e semifine (1 semigrossolano), superfici lisciate, colori diversi dal bruno chiaro al nerastro; max 3,9x3,4 cm.

B21: frammento di fondo piano con attacco a spigolo smussato ispessito a tacco alla parete svasata a profilo rettilineo; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno rossastro scuro, all'interno con tracce di bruciato; Ø 11; 7,3x6x2,9 cm; Aq 213513; Fig. 6, 20.

B22: frammento di fondo piano con attacco angolato ed espanso a tacco alla parete nettamente svasata, su cui è impostato un cordone orizzontale a sezione triangolare decorato da impressioni ovali contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate, esterno grigio e bruno rossastro chiaro, interno grigio brunastro; Ø 10; 17x8x4,6 cm; Aq 213487; Fig. 6, 21.
Cfr.: Borgna 1994, fig. 53, 178 (Braida Roggia).

B23: frammento di fondo piano con attacco a spigolo smussato ispessito a tacco alla parete svasata a profilo rettilineo; impasto 3 grossolano, superfici lisciate bruno rossastro scuro, all'interno con tracce di bruciato; Ø 9; 5,5x3,4x3 cm; Aq 213514; Fig. 6, 22.

B24: frammento di fondo piano con attacco angolato ed espanso a tacco alla parete nettamente svasata, su cui è impostato un cordone orizzontale a sezione triangolare decorato da impressioni ovali contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate, esterno grigio e bruno rossastro chiaro, interno grigio brunastro; Ø 10; h 3,6 cm; Aq 213493; Fig. 6, 23.

B25: 2 frammenti di fondo piano con attacco angolato alla parete svasata; impasto 1 fine, superfici lisciate accuratamente bruno scuro; max 2x2x1,2 cm; Aq 213515.

B26: frammento di fondo piano con attacco a spigolo angolato ispessito a tacco alla traccia di parete svasata; lo spigolo esterno del fondo è decorato da impressioni; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno molto scuro; 3,1x2,4x2,1 cm; Aq 213517.

B27: frammento di fondo concavo con attacco angolato alla parete appena arcuata fortemente svasata; impasto 1 semifine, superfici lisciate accuratamente nere; Ø 10; 4,5x6,2x2,1 cm; Aq 213516; Fig. 6, 24.

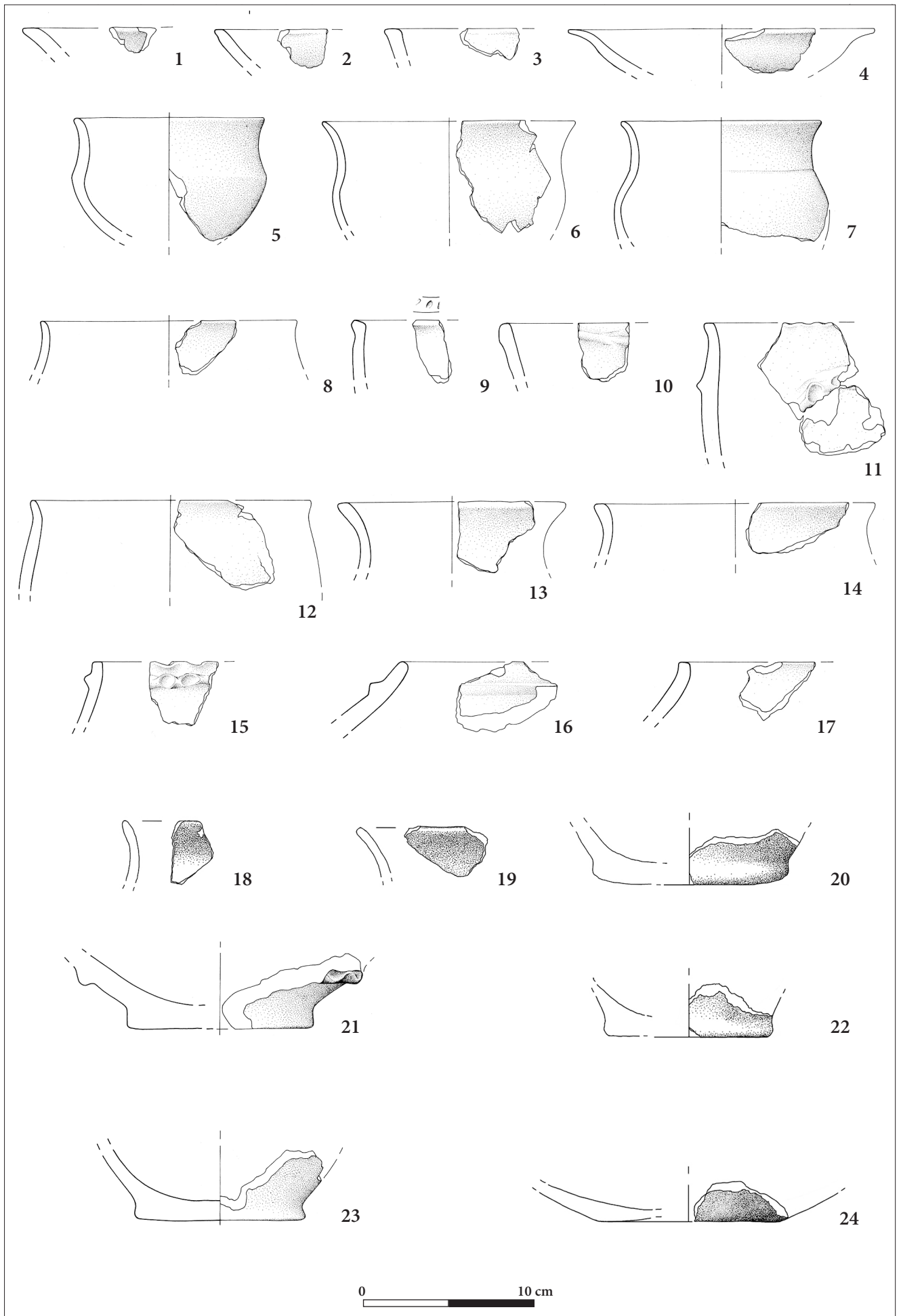
B28: 2 frammenti del nastro di anse a nastro stretto; impasto 1 semifine, superfici lisciate bruno rossastro scuro; max 2,7x2,2 cm; Aq 213511.

B29: frammento di parete rettilinea su cui è impostata una presa semilunata poco prominente; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate accuratamente nere; 7,2x5,2 cm; Aq 213488; Fig. 7, 25.
Cfr.: Hellmuth Kramberger 2017, Taf. 5, 1; 71, 3 (Moncodogno); Borgna 1994, fig. 48, 15 (Braida Roggia); Càssola Guida et al. 2018, fig. 8, 8 (Galleriano); Tasca 2010-2011, tav. 17, 14 (Piancada, Idrovora Volpares).

B30: frammento di parete ricomposto con elemento di presa ellissoidale ad estremità frammentata; impasto 1 semifine, superfici lisciate bruno rossastro chiaro e bruno scuro nerastro; 14,3x12,7 cm.

B31: frammento di parete con traccia di presa ellissoidale frammentaria; impasto 1 grossolano, superfici

Fig. 6 - San Vito al Torre, Nogaredo, località Sopra Villa: scodelle (nn. 1-4); tazze (nn. 5-8); scodellone (n. 9); olle (nn. 10-17); orli (nn. 18-19); fondi (nn. 20-24) (nn. 1-17, 21, 23: dis. G. Merlatti; nn. 18-20, 22: dis. G. Tasca).
- *San Vito al Torre, Nogaredo, località Sopra Villa: bowls (nn. 1-4); cups (nn. 5-8); great bowl (n. 9); pots (nn. 10-17); rims (nn. 18-19); bases (nn. 20-24) (nn. 1-17, 21, 23: drawings by G. Merlatti; nn. 18-20, 22: drawings by G. Tasca).*

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
0
10 cm

lisciate, esterno bruno rossastro, interno bruno scuro; 5,2x5,2 cm.

B32: frammento di parete arcuata su cui resta traccia dell'apice laterale di un elemento di presa; impasto 1 semifine, superfici lisciate rosso scuro; Aq 213482; Fig. 7, 26.

B33: frammento di parete appena arcuata decorata da punti impressi formanti un motivo angolare; impasto 1 semifine, superfici lisciate accuratamente brune; 6x4 cm; Aq 213489; Fig. 7, 27.

B34: frammento di parete debolmente arcuata decorata da cordone applicato orizzontale a sezione semicircolare con impressioni oblique ovali distanziate; impasto 1 semifine, superfici lisciate bruno molto scuro; 3,6x3,4 cm; Aq 213506; Fig. 7, 28.

B35: frammento di parete arcuata decorata da cordone applicato a sezione semicircolare con impressioni circolari distanziate, ad andamento curvilineo; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno e bruno scuro; 10,6x7,8 cm; Aq 213486; Fig. 7, 29.
Cfr.: Borgna 1994, fig. 51, 174 (Braida Roggia).

B36: frammento di parete decorata da cordone applicato a sezione triangolare con impressioni circolari non contigue; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate brune; 3,8x4 cm; Aq 213500; Fig. 7, 30.

B37: frammento di parete con cordone applicato a sezione semicircolare con impressioni circolari distanziate; impasto 1 semifine, superfici lisciate, esterno bruno scuro, interno rosso; 4x4 cm; Aq 213506; Fig. 7, 31.

B38: 2 frammenti non ricomponibili di parete decorata da cordone applicato a sezione triangolare con ampie e profonde impressioni circolari contigue; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate, esterno bruno rossastro, interno bruno scuro grigiastro; 3,7x3,4 cm; Aq 213497; Fig. 7, 32.

B39: frammento di parete arcuata decorata da cordone applicato a sezione triangolare con ampie e profonde impressioni circolari ravvicinate; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate bruno rossastro e bruno scuro grigiastro; 6,3x6,7 cm; Aq 213491; Fig. 7, 33.

B40: frammento di parete decorata da cordone applicato a sezione semicircolare con impressioni trasversali non contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno molto scuro; 4,8x4,7 cm; Aq 213501; Fig. 7, 34.
Cfr.: Vinci et al. 2018, fig. 6, 5 (Coderno).

B41: frammento di parete decorata da cordone applicato a sezione subtriangolare larga con impressioni ovali verticali contigue; impasto 1 grossolano, superfici lisciate bruno rossastro scuro; 7,2x7,5 cm; Aq 213495; Fig. 7, 35.

B42: 7 frammenti di pareti decorate da un cordone applicato a sezione triangolare ad impressioni digitali; impasto 1 fine e semifine, superfici lisciate bruno rossastro, interno bruno scuro o nerastro; max 5,8x5,7 cm.

B43: frammento di parete arcuata con traccia di cordone a sezione triangolare ad impressioni oblique; impasto 2 grossolano, superfici lisciate, esterno bruno grigiastro e bruno rossastro, interno bruno scuro; 8x6 cm.

B44: frammento di parete decorata da cordone applicato a sezione semicircolare suborizzontale; impasto 1 semigrossolano, superfici lisciate, esterno bruno rossastro e bruno scuro, interno bruno molto scuro; 6,2x3,5 cm; Aq 213505; Fig. 7, 36.

B45: 164 frammenti di pareti in impasto 1 da fine a grossolano; max 12,8x5,8 cm; Aq 213481.

B46: 8 frammenti di pareti in impasto 2 grossolano; max 7x6,5 cm; Aq 213481.

In base alle indicazioni pervenute all'atto della consegna dei materiali, essi proverrebbero genericamente da una località "Sora Vile" o "Sopra Villa" nel territorio di Nogaredo, potenzialmente quindi anche da diversi punti di raccolta, mentre un più piccolo gruppo di reperti (nn. A1-A11, Fig. 5, 1-9) proverrebbe da un unico punto, indicato con una sigla che non è stato possibile sciogliere (pavim. 6 B16). Si considera in primo luogo questo gruppo, che si ritiene più coerente e affidabile quanto alle associazioni.

La tazza globosa con orlo svasato distinto da risega (A3) è riconducibile alle produzioni della fase più antica della *facies* dei castellieri carsico-istriani, inquadrabile tra la fine del BA (Bronzo Antico) e il BM (Bronzo Medio), in cui sono comuni tazze o ollette globose di forma più o meno profonda, con orlo distinto da risega, che possono però giungere verosimilmente anche al BR (Bronzo Recente). Piuttosto comune in tali vasi è il fondo ribassato dell'esemplare in esame, ben attestato in area carsico-istriana[12] ma presente anche nella bassa Pianura Friulana (Tasca 2010-2011, tav. 18, 36: Piancada, Idrovora Volpares). Molto comune è la presenza tra la massima espansione e la sommità dell'orlo di tali tazze/ollette di anse a fronte triangolare o di anse a piastra; nel nostro caso l'elemento di presa è sostituito da un'ansa a nastro stretto rastremato, che sembra una rielaborazione friulana dell'ansa a fronte triangolare caratteristica dell'area carsico-istriana[13]. Tale rielaborazione ebbe particolare fortuna nel Medio Friuli nel BR[14], ma non

12) Moncodogno: Hellmuth Kramberger 2017, Taf. 72, 6; 73, 2; 81, 385, 5-7, 9; Elleri: Lonza 1981, Tav. 29, 12, 15, 17-21, 23, 25, 28-29; Grotta delle Gallerie: Cardarelli 1983, Tav. 27A, 3.

13) Ma ben nota anche in area friulana, sia su forme di diretta derivazione dall'areale carsico-istriano come nel caso dell'olletta di Udine via Manin (Vitri et al. 2012), sia su tazze probabilmente di forma diversa (v. come semplici esempi gli esemplari da Castions, Rividischia, Boscat di San Vito al Tagliamento, Pramarine: Tasca et al. 2018, fig. 3a).

14) L'elemento è ben documentato a Rividischia e a Gradiscje di Codroipo (Tasca 2015).

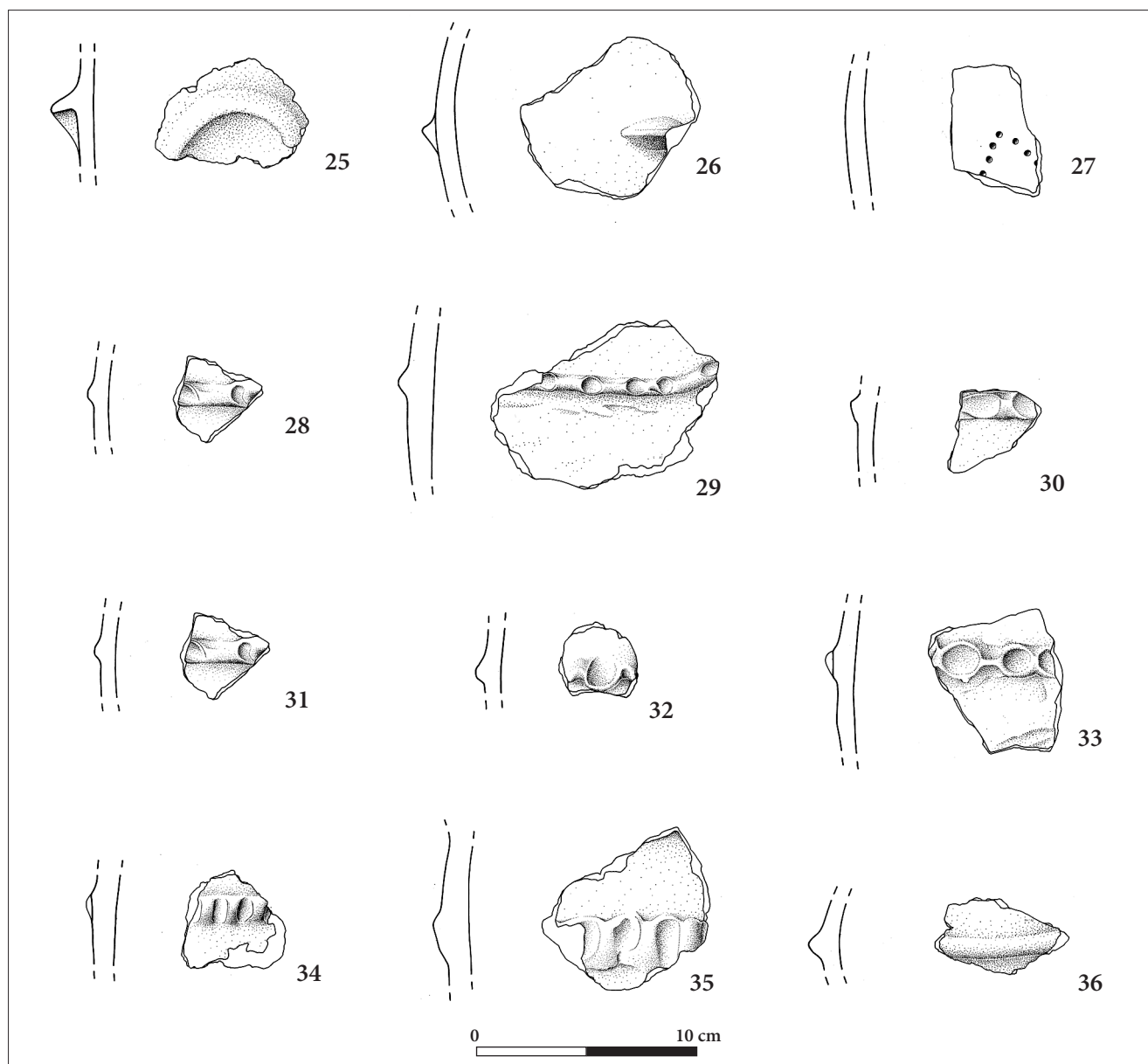



Fig. 7 - San Vito al Torre, Nogardo, località Sopra Villa: pareti con elementi di presa (nn. 25-26); pareti decorate (nn. 27-36) (dis. G. Merlatti).
- *San Vito al Torre, Nogaredo, località Sopra Villa: lugs (nn. 25-26); decorated pots wall sherds (nn. 27-36) (drawings by G. Merlatti).*

se ne può escludere un'origine precedente. L'esemplare di Nogaredo presenta all'apice superiore dell'ansa traccia del distacco di un elemento decorativo, che si propone di identificare con un bottone cilindrico a sommità concava: si tratta di un elemento documentato in area carsico-istriana nel BM e probabilmente fino al BR iniziale o pieno con esempi da Moncodogno e da Montedoro[15] ma noto anche dalla pianura ad ovest del Tagliamento[16].

15) Hellmuth Kramberger 2017, Taf. 26, 11; 71, 7 (Moncodogno); Muggia 1997, tav. 5, 20 (Montedoro).
16) San Vito Boscat: Tasca 1996, fig. 2, 12 (impostata su ansa a fronte triangolare); Annone Veneto: Facchin & Tasca 2018, fig. 3, 13.

Ugualmente tra tardo BM e primo o pieno BR sembrerebbe potersi inquadrare l'olla con orlo rientrante (A4), confrontabile con esempi simili, caratterizzati da un variabile grado di angolatura dell'articolazione dell'orlo rispetto all'innesto sul corpo semiovoide[17].

Nell'ambito della *facies* dei castellieri, probabilmente ancora in BM, trova confronto la scodella con orlo a breve tesa (A2).

17) Tra gli esempi citati tra i confronti, al BR è riferibile quello di Braida Roggia, probabilmente ad un momento tardo del BM-passaggio al BR1 quello, maggiormente angolato, di Volpares. Va probabilmente inquadrato tra BR1 e BR2 non avanzato il contesto recentemente indagato a Galleriano da cui proviene un esemplare a spalla fortemente angolata (Càssola Guida et al. 2018; cfr. per un inquadramento leggermente diverso Borgna 2017).

Il gruppo di frammenti appare quindi probabilisticamente attribuibile ad un momento piuttosto avanzato nell'ambito dell'età del bronzo o ad un momento iniziale del BR e sembrerebbe documentare un significativo esempio di incontro fra le tradizioni culturali dei castellieri carsico-istriani e l'orizzonte che si diffonde nella Pianura Friulana, in particolare tra la linea delle risorgive e la linea di costa, tra tardo BM e inizio BR (Borgna et al. 2018; Tasca et al. 2018).

Per un tentativo di inquadramento dei materiali con generica provenienza da Sopra Villa, località di Nogaredo, su cui non si hanno più precise notizie e che potrebbero quindi essere stati raccolti in momenti diversi e anche in punti diversi dell'area (gruppo B), sono particolarmente significative le tazze carenate B5 e B6, che paiono riconducibili a tipi attribuiti al passaggio BM-BR e al BR1, con confronti nella pianura friulana e sul Carso Triestino per la prima, che rientra in un tipo diffuso in una vasta area attorno alle Alpi sud-orientali, e nella bassa Pianura Friulana nel secondo caso[18]. La tazza a collo distinto B7 trova invece confronti nell'Alto Isonzo, probabilmente nel BR iniziale, ed in Slovenia, in un contesto stratigrafico datato radiometricamente all'intero arco del BM[19].

Anche il frammento di scodella carenata B4 appare riconducibile in base ai confronti ad un tipo ampiamente diffuso tra fine BM e BR attorno alle pendici delle Alpi sudorientali, in Pianura Friulana, Slovenia e Stiria[20].

Nella Pianura Friulana centro-occidentale tra tardo BM e iniziale-pieno BR trova confronto la scodella B9[21].

Le olle B11-B13 si inquadrano nella produzione ceramica documentata nella pianura friulana ed in area carsica tra il BM e il BR[22], verosimilmente entro una fase non avanzata di questo ultimo periodo; appare tuttavia arduo circoscriverne meglio la datazione, dato l'ampio arco cronologico dei contesti da cui provengono i confronti[23].

18) I due frammenti sono riferibili rispettivamente ai tipi TA CA C6 e TA CA C7 di Tasca 2010-2011.

19) Il contesto (Bevke-Zaloke, SE 14 top and SE 30 bottom) è datato radiometricamente al 1628-1314 BC: Črešnar 2014, p. 435.

20) Al tardo BM e BR è datato il rinvenimento di Vojščica-Tabor (Bratina 2018), mentre al BR (1270-1100 BC) è radiometricamente datato il contesto di Vorwald (Tiefengraber 2007, p. 97, Abb. 14).

21) Riferibile al tipo SC TC C1A di Tasca 2010-2011 "scodelle mediamente profonde a profilo rettilineo", con orlo non distinto, ed accostato agli esemplari concreti richiamati in catalogo.

22) I tre esemplari sono rispettivamente attribuibili ai tipi OL SO B7, OL OV C7 e OL OV D6C di Tasca 2010-2011. Si tratta, anche per la parzialità della conservazione dei profili degli esemplari concreti attribuiti, di tipi di lunga durata tra il passaggio BA-BM1 e inizio BR.

23) A partire dal momento estremo del BA o di passaggio al BM, attestato dal livello inferiore di Slivia e dall'US 23 di Elleri, fino verosimilmente alle fasi di passaggio BM3-BR1 o di BR inziale della bassa Pianura Friulana.

Al medesimo, ampio arco cronologico sembrano attribuibili anche gli elementi più generici presenti, come i fondi piani con attacco espanso a tacco alla parete o le decorazioni a cordoni digitati (B21-23; 27-35).

I materiali da Nogaredo attribuiti all'età del Bronzo propongono, analogamente al primo nucleo considerato, un quadro di frequentazioni che vedono l'incontro di influssi culturali di diversa provenienza. Questi comprendono la *facies* dei castellieri carsico-istriani, che nel BM sembra aver avuto un ruolo di particolare peso nel caratterizzare l'area friulana almeno fino al Tagliamento (Borgna et al. 2018), l'apporto dell'orizzonte caratterizzante l'inizio dei Campi d'Urne in Slovenia tra tardo BM e inizio BR[24] e il contemporaneo orizzonte che si diffonde nella Pianura Friulana, in particolare nel settore tra la linea delle risorgive e la linea di costa (Borgna et al. 2018; Tasca et al. 2018).

Simili esempi di ibridazione lungo la medesima linea di giunzione tra questi diversi areali corrispondente al Torrente Torre si possono riconoscere, ad esempio, nel rinvenimento di Buttrio (Nonini & Tasca 1995, fig. 1, 1) e con particolare evidenza a Canale Anfora, sito cui le recenti ricerche sembrano attribuire un ruolo di capitale importanza nelle dinamiche del BM e del primo BR della Pianura Friulana centro orientale (Borgna & Corazza 2019, con bibliografia precedente).

5.2. L'intonaco (GT)

Sono presenti 5 blocchi di argilla concotta ad impasto compatto e relativamente omogeneo con scarsissimi inclusi macroscopici. Uno di questi conserva traccia di una superficie piana approssimativamente lisciata (10x7x5,7 cm). Tali materiali sono presumibilmente riferibili ad una stesura, pertinente a una struttura di combustione non meglio precisabile, dato lo spessore è però più facile pensare ad un forno o ad una fornace piuttosto che ad un semplice focolare domestico.

5.3. La fauna (GP)

Da questa località provengono 11 reperti ossei che sono riconducibili ai *taxa Sus scrofa* f. domestica (maiale), *Ovis aries/Capra hircus* (pecora/capra) e *Bos taurus* (bue).

Sus scrofa f. domestica (Maiale)
- 1 canino inferiore destro maschile di individuo subadulto/adulto

24) Orizzonte Oloris-Podsmreka: Črešnar & Teržan 2014; Tasca 2015; Tasca et al. 2018.

Ovis vel Capra (caprovini)
- 1 frammento di cranio
- 1 frammento di mandibola (porzione articolare) destra di individuo giovane
- 1 primo molare (M1) inferiore destro con usura debole
- 1 secondo molare (M2) inferiore destro in fase di eruzione
- 1 frammento di costa
- 1 metatarso sinistro integro di individuo giovanissimo (lunghezza totale mm 82)
- 1 frammento di diafisi di tibia
- 1 falange I con prossimale non saldata, individuo giovane

Bos taurus (Bue)
- 1 frammento di cavicchio osseo, parte basale, con pareti spesse, superficie esterna porosa e sezione leggermente schiacciata

A questi si aggiunge un frammento osseo indeterminabile.

I dati dunque possono essere riassunti come evidenziato nella Tab. I.

La valutazione del Numero Minimo di Individui (MNI) per *taxon* segnala la presenza di almeno un maiale maschio subadulto/adulto, e di almeno due individui di capra/pecora di cui uno probabilmente appena nato e uno di circa 9 mesi.

Il frammento di cavicchio osseo di bovino non ci permette di proporre nessuna attribuzione relativa al sesso, ma solo di ipotizzare la presenza di un soggetto adulto.

6. San Vito al Torre, località Nogaredo - area scavo 1993 (PV, AlF, FP)

Nel 1993, la Soprintendenza ai B.A.A.A.A.S. del Friuli Venezia Giulia affidava alla Società Friulana di Archeologia di Udine l'incarico di eseguire una serie di sondaggi nell'alveo del fiume Torre, in località Nogaredo, sotto la direzione di Andrea Pessina. La zona archeologica, poco più a sud del paese, nei pressi dell'attuale guado,

Specie	Numero resti	Numero individui
Maiale	1	1
Caprovini	8	2
Bue	1	1
indeterminati	1	
Totale	**11**	

Tab. I - Reperti ossei provenienti da San Vito al Torre, Nogaredo, Località Sopra Villa, divisi per *taxon* con definizione del MNI.
- *Bone finds from San Vito al Torre, Nogaredo, Località Sopra Villa, divided by* taxon, *with evaluation of the MNI.*

fu segnalata da alcuni degli autori (AlF, FP), che avevano notato due distinte zone di affioramento di materiali archeologici, entrambe poste all'interno dell'alveo attivo del Torrente Torre, responsabile di averle messe in luce probabilmente in una delle recenti piene.

Le indagini furono condotte in tre zone diverse: a nord del guado, dove è stata individuata una lingua di terreno antropizzata ed è stata scavata una fossa, mentre a sud si è proceduto ad indagare alcune lingue di terreno antropizzato e, nell'«area del canale», una cavità. Il materiale raccolto nelle diverse zone è stato attribuito complessivamente ad un periodo compreso tra il Neolitico antico e l'età del Bronzo (Pessina 1993).

In questa sede presentiamo alcuni materiali inediti rinvenuti nell'area a sud del guado, una volta completati i lavori di scavo, unitamente ad una selezione di reperti già pubblicati, che vi possono essere associati per cronologia.

6.1. Produzione ceramica (PV)

Tra i materiali provenienti da questa località, si riconoscono due tipologie di impasto, la prima presenta una matrice compatta, colore bruno scuro, inclusi non visibili e superfici lisciate di colore arancio e bruno. Lo spessore della sezione è compreso tra 0,5 e 0,9 cm. Il secondo impasto ha una matrice compatta, colore grigio-nero, inclusi molto frequenti e visibili anche sulla superficie, che si presenta levigata.

Al primo impasto sono da riferire il frammento di piatto-scodella con orlo distinto internamente e profilo troncoconico (Fig. 8, 1) e le due scodelle a profilo convesso, caratterizzate dalla presenza in un caso di un'ansa a nastro (Fig. 9, 4) e nell'altro di un segmento di cordone scandito da impressioni (Fig. 9, 3). Sono da ascrivere a questa tipologia di impasto anche i tre recipienti profondi a pareti arcuate con orlo più o meno everso (Fig. 9, 5-6), l'ansa a nastro impostata tra collo e ventre (Fig. 9, 7) e il frammento di parete ornato da bande affiancate, campite da trattini profondamente impressi e delimitate da linee incise (Fig. 9, 8). Malgrado lo stato di conservazione estremamente precario, anche il fondo ombelicato, rinvenuto nel 1993 nell'«area del canale», può essere riferito a questo impasto (Fig. 9, 9). Con la seconda tipologia di impasto sembra essere stata realizzata solo la scodella a profilo convesso contraddistinta da una presa sub-quadrangolare, rinvenuta nell'«area del canale» (Fig. 8, 2).

Il gruppo tipologico delle scodelle, ben documentato a Nogaredo, trova una buona rappresentazione, anche se con forti differenze tipologiche, nei contesti eneolitici della regione. È attestato, infatti, sul Carso Triestino, ad esempio, nella Grotta dell'Orso di Gabrovizza (Mizzan 1997a, tav. VIII, 44-45), nella Grotta Teresiana (Barfield 1999, fig. 12, 47), nella Grotta degli Zingari (Gilli & Montagnari Kokelj 1996, fig. 32,

Fig. 8 - Produzione ceramica dal sito di San Vito al Torre, Nogaredo, area scavo 1993 (dis. G. Merlatti).
- *Pottery production. San Vito al Torre, Nogaredo site, from the area excavated in 1993 (drawings by G. Merlatti).*

195) e nella Grotta delle Gallerie (Gilli & Montagnari Kokelj 1994), ma anche in area collinare e nella pianura friulana, come a Montagnola di Sopra di S. Odorico di Flaibano (Vitri et al. 2011, fig. 9, 18-19), a Carpeneto (Borgna et al. 2011, fig. 2, 7-8 e 11), nella struttura 5 di Meduno-Sach di Sotto (Visentini et al. 2015, fig. 18, 85311, 85332, 85340) e nella Grotta di Cladrecis (Stacul & Montagnari Kokelj 1983, fig. 7, 3). In base ai dati provenienti dalla regione e in particolar modo dal sito pordenonese di Meduno-Sach di Sotto, questa tipologia sembra essere documentata in una fase avanzata dell'Eneolitico (2800-2400 a.C.)[25], in associazione con i vasi profondi a pareti rientranti con bordo ispessito esternamente, liscio o impresso, o con serie di impressioni poste al di sotto dell'orlo o ancora con cordone a tacche (Visentini cds), elementi che al momento non risultano essere però documentati a Nogaredo. A questa stessa fase potrebbe appartenere anche l'ansa a nastro impostata tra collo e ventre, probabilmente pertinente ad un boccale.

Ad un momento cronologicamente più recente sembra appartenere invece il frammento di parete con decorazione a bande marginate da incisioni e campite da trattini impressi (Fig. 9, 8), che trova analogie con gli stili ceramici che si diffondono nell'area dell'Adriatico orientale nel III millennio a.C. In questa fase cronologica lo stile Cetina succede a quello di Lubiana-Adriatico mostrando in alcuni casi, per la compresenza dei due stili, anche delle sovrapposizioni cronologiche. Dubbi nell'attribuzione all'uno o all'altro stile, nel caso di frammenti e in assenza di dati stratigrafici, permangono a causa di tratti comuni riconoscibili nei motivi decorativi (Forenbaher 2018). Ecco perché nel caso del frammento di Nogaredo vi è qualche incertezza legata all'impossibilità di riconoscere la forma vascolare e la zona del recipiente interessata dalla decorazione. Propendiamo però per un'attribuzione allo stile Cetina per la dimensione relativamente ampia della banda marginata dalle incisioni e per i tratti impressi realizzati con minore precisione rispetto a quelli che si trovano sulla ceramica di stile Lubiana-Adriatico.

In regione, la massima presenza di questo stile, che segna con qualche differenza tipologica gli ultimi secoli del III millennio a.C. nell'area dell'Adriatico orientale e della Slovenia centrale, è riscontrabile sul Carso Triestino, ad esempio, in alcuni recipienti profondi a collo e orlo svasato rinvenuti nella Grotta dei Ciclami (Gilli & Montagnari Kokelj 1993, fig. 35, 343; fig. 48, 467-468), nel recipiente a collo e orlo svasato, decorato a triangoli opposti e campiti da impressioni puntiformi, della Grotta degli Zingari (Gilli & Montagnari Kokelj 1996, fig. 34, 201) o ancora nel frammento di un recipiente simile al precedentemente descritto, ma con decorazione a triangolo pendente campito da punti impressi rinvenuto nella Grotta del Mitreo (Montagnari Kokelj & Crismani 1997, fig. 50, 464)[26].

25) Si fa riferimento alla data proveniente dalla struttura 5 del sito Meduno-Sach di Sotto (PN): GrN-2780 4050±30 BP 2835-2817 a.C. (4,5%), 2666-2476 a.C. (90,9%) (Visentini et al. 2015).

26) Per una distribuzione degli elementi confrontabili con questo stile vedasi la figura 8 in Forenbaher 2018.

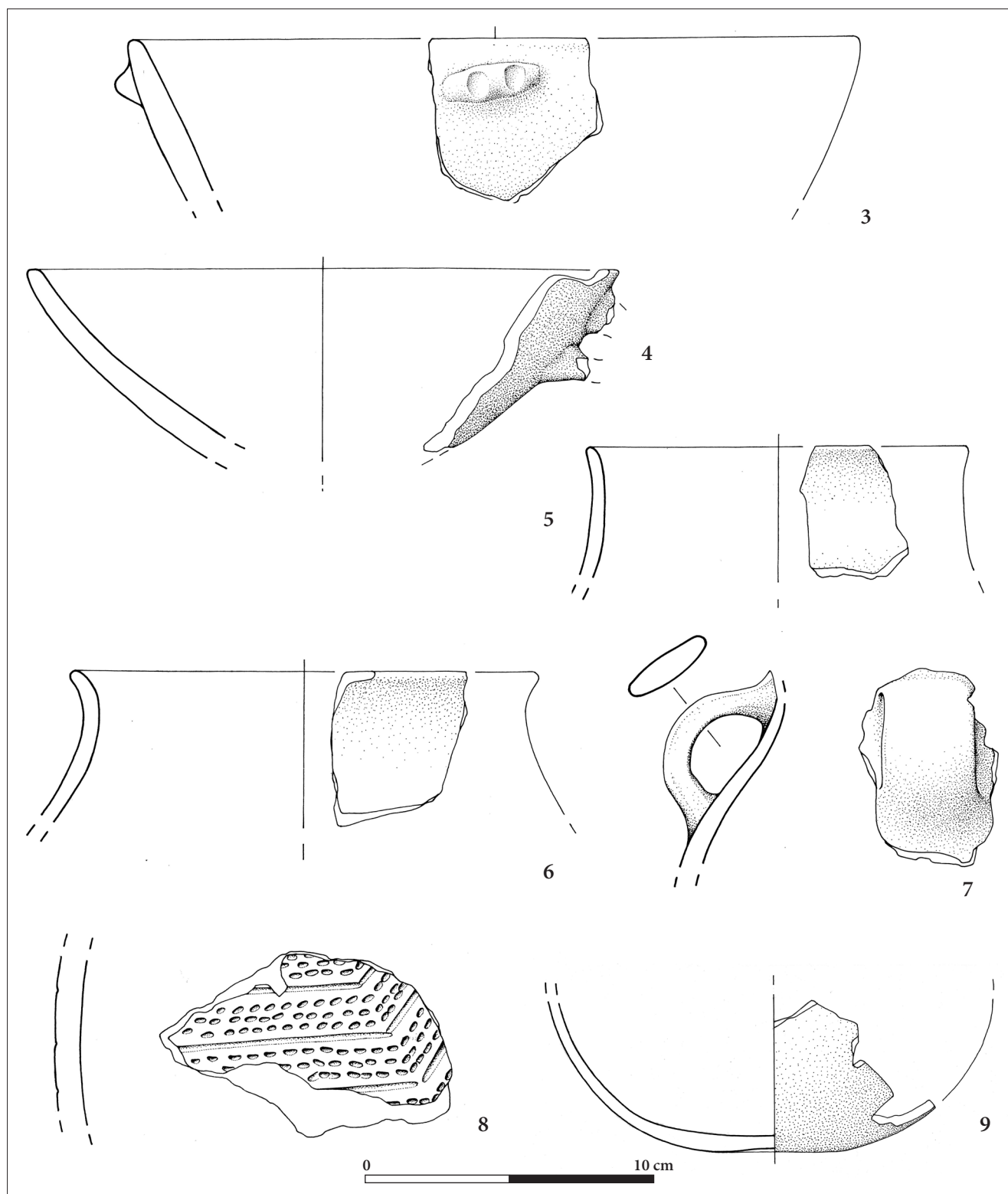



Fig. 9 - Produzione ceramica dal sito di San Vito al Torre, Nogaredo, area scavo 1993 (dis. G. Merlatti).
- *Pottery production. San Vito al Torre, Nogaredo site, from the area excavated in 1993 (drawings by G. Merlatti).*

7. San Vito al Torre, località Nogaredo - scavo 2015 (PV)

A seguito di un evento di piena del Torrente Torre, avvenuto nei primi mesi del 2015, è stata messa in luce un'ampia area di antropizzazione a sud del guado, in una zona adiacente a quella indagata nel 1993 (Fig. 14). Le ricerche stratigrafiche iniziarono solo nell'aprile del 2015, proseguendo per circa un mese in maniera non continuativa a causa delle condizioni climatiche

Fig. 10 - L'alveo del torrente Torre (vista verso sud) con la posizione dello scavo del 2015 (foto di Ivano Sebastianutto).
- *The overflow area of the Torre river (view to the south) with the location of the excavation carried out in 2015 (photo by Ivano Sebastianutto)*

non sempre favorevoli che rendevano rischioso operare nell'alveo attivo[27].

L'area oggetto delle ricerche, già da una prima osservazione, si presentava caratterizzata da tre distinte zone antropizzate il cui perimetro fu più chiaramente definito solo dopo l'asportazione di uno strato variabile di ghiaia che raggiungeva al massimo i 10 cm di spessore. Le indagini si sono concentrate prioritariamente su due aree. La più settentrionale denominata A, per dimensioni e scarsa antropizzazione, è stata indagata realizzando una quadrettatura, con orientamento NE-SO, a moduli di 2 mq. È stato possibile in questo modo posizionare i reperti naturalistici e culturali presenti e individuare eventuali concentrazioni. Lo scavo ha messo in luce una unica Unità Stratigrafica, che si presentava poco coesa, scarsamente arricchita di carboni millimetrici e ricca di ciottoli, manufatti litici, reperti faunistici e materiali ceramici centimetrici dalle sezioni e superfici non erose. È stata, inoltre, praticata una trincea con orientamento NE-SO per valutare sia lo spessore dello strato antropico, che variava da 10 cm, ai margini Est e Ovest dell'area, a 30 cm nella sua parte centrale, sia le caratteristiche dello stesso, che verso lo sterile appariva maggiormente arricchito di ciottoli e meno antropizzato (Fig. 11).

Più a sud è stata individuata, dopo le prime operazioni di pulizia, una probabile fossa a forma ellissoidale allungata in senso N-S (Struttura 1); i margini risultavano maggiormente definiti ad Est e meno netti a Ovest, condizionati probabilmente dalla componente fortemente ghaiosa che caratterizzava l'area tra la struttura e l'argine del torrente Torre, posto a meno di 5 metri di distanza (Figg. 12 e 13). La struttura presentava una sola unità di riempimento (US1), fortemente carboniosa con spezzoni di carboni anche centimetrici, ricca in fauna e in frammenti ceramici. La struttura, soprattutto nella parte centrale, mostrava una particolare concentrazione di ciottoli sub-arrotondati in alcuni casi calcinati.

L'indagine nell'area è stata abbandonata prima del completo esaurimento del deposito a causa di un improvviso evento di piena, che ha in poco tempo dapprima allagato la zona e poi l'ha ricoperta con una spessa coltre ghiaiosa. Le particolari condizioni di urgenza degli interventi hanno richiesto l'utilizzo del GIS (vedi *supra*), che ha consentito di ricomporre il mosaico dei dati e delle strutture emerse nel 1993 e nel 2015, riconducibili ad una stessa fase insediativa, che è possibile ora inquadrare negli ultimi secoli del VI millennio a.C., grazie al risultato di due datazioni al radiocarbonio (Tab. II).

In attesa di completare le analisi sui materiali ceramici e litici, viene presentata la determinazione del campione faunistico con le relative considerazioni.

27) Alle ricerche hanno partecipato il personale tecnico dei Civici Musei di Udine e del Museo Friulano di Storia Naturale (Denis De Tina, Veniero de Venz, Luca Simonetto, Marco Visintini), alcuni collaboratori del Museo Friulano di Storia Naturale e del Museo Archeologico di Udine (Daniel Iacumin, Sara Roma) e l'ispettore Onorario Giovanni Carlo Fiappo.

Fig. 11 - San Vito al Torre, Nogaredo, scavo 2015. La trincea praticata nell'area A (foto M. Visintini).
- *San Vito al Torre, Nogaredo, 2015 excavation. Trench of the Area A (photo M. Visintini).*

Fig. 12 - San Vito al Torre, Nogaredo, scavo 2015. La Struttura 1 (foto M. Visintini).
- *San Vito al Torre, Nogaredo, 2015 excavation. Pit 1 (photo M. Visintini).*

Fig. 13 - San Vito al Torre, Nogaredo, scavo 2015, La Struttura 1 in corso di scavo (foto M. Visintini).
- *San Vito al Torre, Nogaredo. Pit 1 during the 2015 excavations (photo M. Visintini).*

Codice alfanumerico	Provenienza	Datazioni BP	Datazioni calibrate 2σ (a.C.)
LTL16507A	Str. 1	6219±45	5302-5056 (95.4%)
LTL16508A	Str. 1	6183±45	5290-5250 (4,5%)
			5230-5003 (90,9%)

Tab. II - Le date di Nogaredo al Torre - scavo 2015 si intendono in cronologia radiometrica calibrata, eseguita con OxCal versione 4.3 secondo la curva INTCAL13 selezionando gli intervalli con 2σ.
- *The dates from Nogaredo al Torre - excavation 2015 are indicated in radiometric calibrated chronology, calculated with OxCal version 4.3 following the INTCAL13 curve and selecting the intervals with 2σ.*

7.1. La fauna (GP)

I resti faunistici relativi allo scavo del 2015 provengono in massima parte da una struttura in fossa, la Str. 1, e sono stati determinati come segue:

7.1.1. Struttura 1 US1

Sus scrofa f. domestica (Maiale)
- mandibola sn, fr. branca orizzontale
- scapola dx, ampio frammento di porzione medio-articolare con articolazione formata
- metapodiale, fr. diafisi prossimale, aspetto adulto

Bos taurus (Bue)
- cranio, frammento
- atlante, fr., individuo adulto
- M 1 inf., fr. radice
- M2 inferiore sn, usura debole, individuo subadulto/adulto

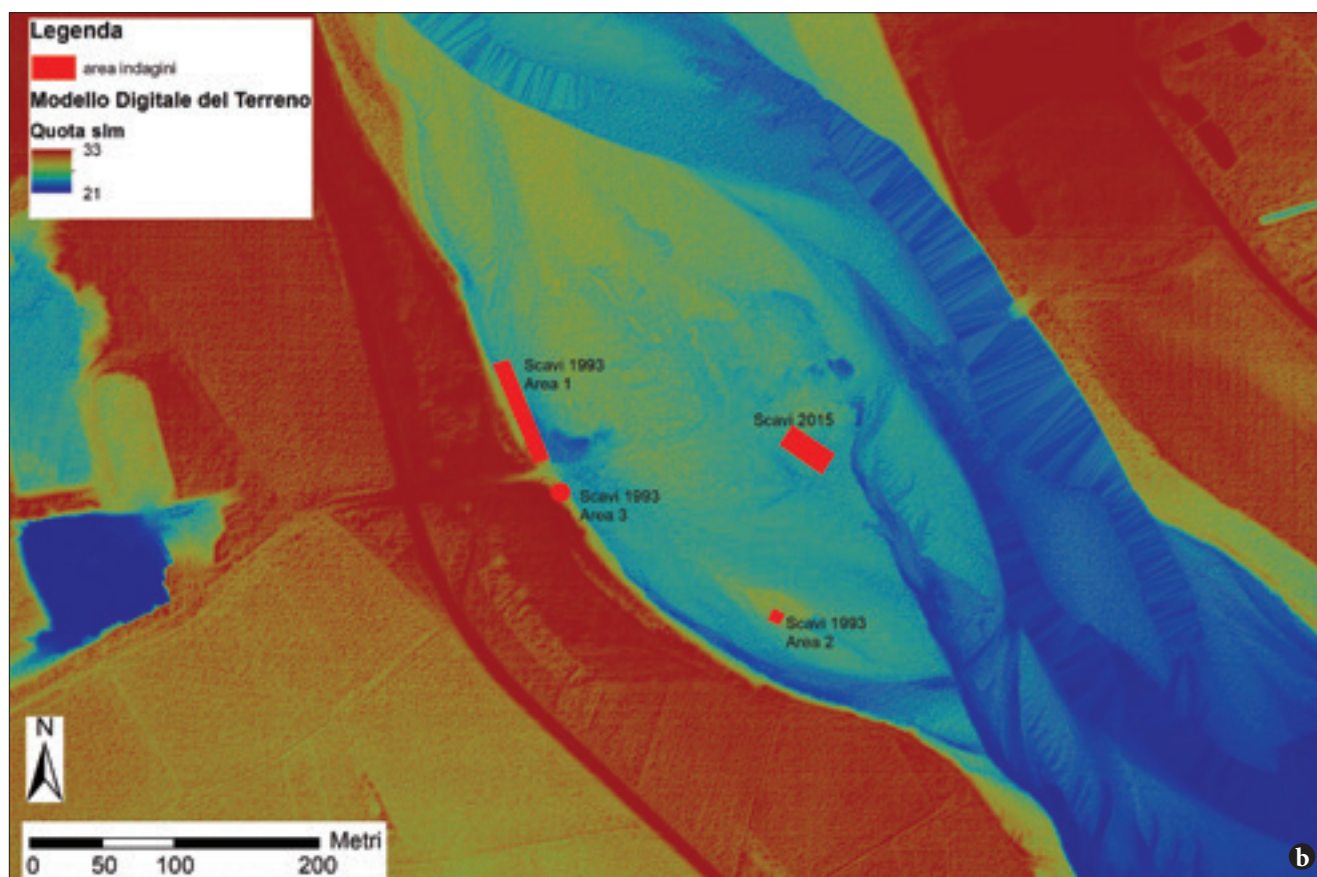
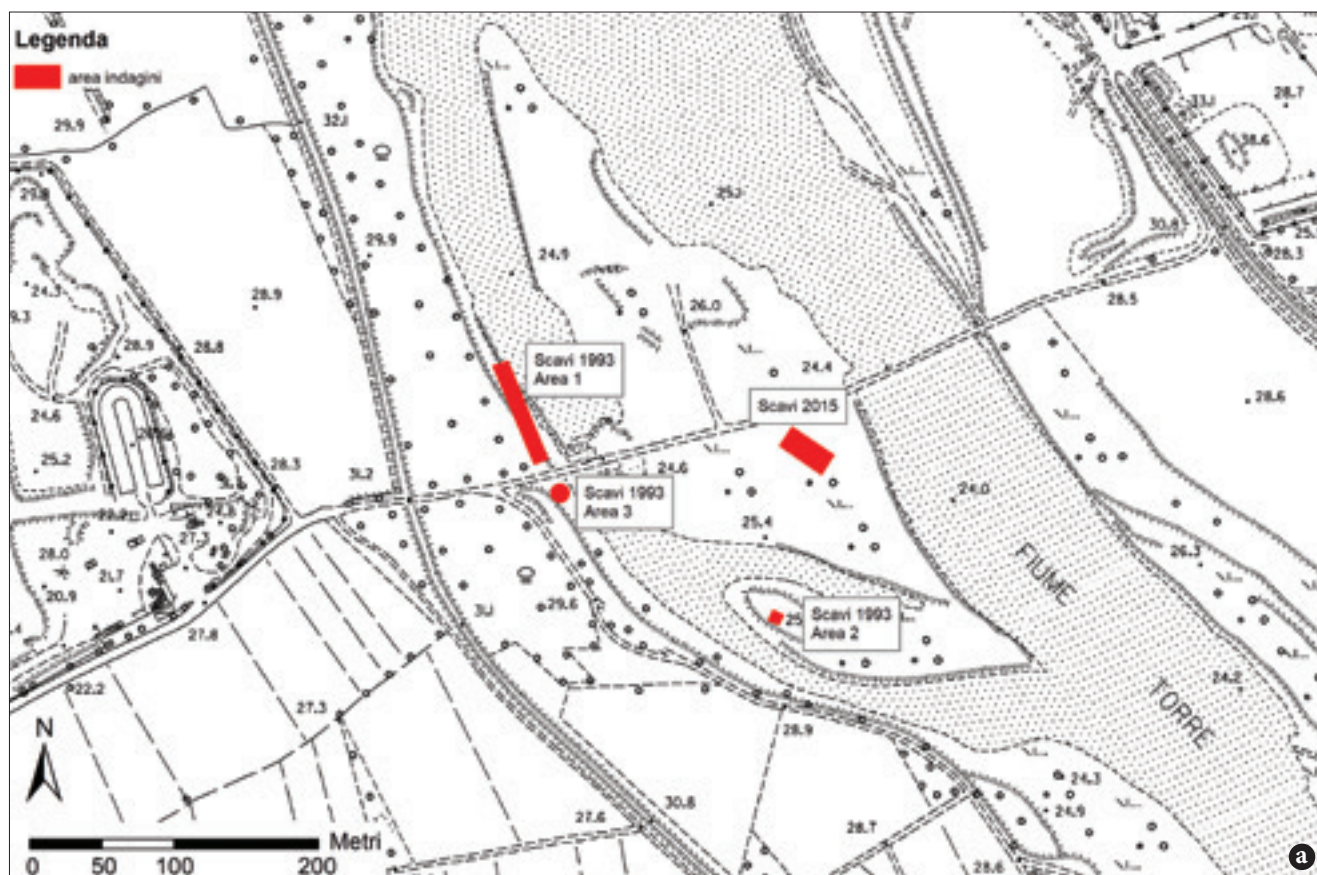



Fig. 14 - San Vito al Torre, Nogaredo: posizionamento delle aree di scavo del 1993 e del 2015. a) nella carta topografica in scala 1:5.000 realizzata fra il 2003 e il 2006, Regione Friuli Venezia Giulia; b) nel Modello Digitale del Terreno (DTM) rilevato negli anni seguenti (LIDAR 2007-2010 Regione Friuli Venezia Giulia). Elaborazione G. Pizziolo.

- *San Vito al Torre, Nogaredo: locations of the areas excavated in 1993 and 2015. a) Topographical map as background (1.5000 scale edited 2003-2006, Regione Friuli Venezia Giulia); b) the Digital Terrain Model (DTM) as background related to following years (LIDAR 2007-2010, Regione Friuli Venezia Giulia). Map by G. Pizziolo.*

- mandibola sn, fr. articolazione (processo articolare), aspetto subadulto
- mandibola, fr.
- mandibola, fr.
- mandibola, 1 ampio fr., aspetto adulto
- costola, fr. mediano
- costola, 2 frr. mediani, aspetto adulto
- radio, fr. diafisi mediana, individuo adulto
- metacarpo sn, diafisi prossimale, aspetto adulto, Bp 60,1 Dp 38,2
- bacino fr. (ilio), individuo subadulto/adulto
- femore sn, fr. diafisi mediana, aspetto adulto

Grande erbivoro (bue/cervo?)
- 16 frammenti di diafisi di ossa lunghe

Ovis vel Capra (caprovini)
- incisivo inferiore sn individuo giovane
- M3 inferiore dx, usura debole, L 23,6 B 8,5
- M2 inferiore dx, usura debole, età subadulta/adulta
- M3 superiore dx, usura +°, età appena adulta, L 17,8 B 11,5
- M3 superiore dx, usura ++, età adulta, L 16,1 B 10,5
- M3 superiore sn in eruzione (+/-) età giovane/subadulta
- M2 superiore sn, usura +, età subadulta
- mandibola dx, fr. branca orizzontale, giovane, P4-M1, P4+/-, M1 +
- mascella sn fr., M1-M3, M3 usura +++, età adulta/senile, L M3 16,5 B M3 10,8
- omero, fr. diafisi mediana, individuo adulto
- radio fr. med diafisi, aspetto molto giovane
- metacarpo fr. diafisi mediana, aspetto adulto
- costola fr. med, aspetto adulto
- costola fr. med, aspetto giovane
- bacino dx fr. medio articolare, acetabolo formato, aspetto adulto
- tibia fr. diafisi med, aspetto adulto
- calcaneo dx fr. prossimale, *tuber calcis* non fuso, età giovane
- astragalo sn quasi integro, aspetto adulto
- astragalo sn, integro, aspetto subadulto (GLl 25,7 GLm 25,5)

Cervus elaphus (cervo)
- palco, fr. di ramo estremamente deteriorato

Canis lupus f. *familiaris* (cane)
- canino superiore sn, usura quasi nulla, individuo giovane
- bacino dx, porzione medio/articolare, acetabolo formato, età adulta

Indeterminati
- 99 frr. >3 <5 cm (1 combusto)
- 32 frr. > 5 < 10 cm (1 combusto)

7.1.2. Area A e B

Negli altri settori dello scavo è stato raccolto un ulteriore piccolo quantitativo di resti faunistici così determinati:

Area A, pulizia

Bos taurus (Bue)
- M2 superiore sn, usura ++, individuo adulto
- falange I integra, individuo adulto, articolazioni prossimali e distali fuse, GL 59,8 Bp 32,2 SD 26,9 Bd 27,8

Sus scrofa f. domestica (Maiale)
- radio dx, fr. diafisi mediana, aspetto subadulto

Ovis vel Capra (caprovini)
- incisivo inferiore dx individuo giovane
- incisivo inferiore dx individuo adulto
- bacino dx, fr. medio-articolare, acetabolo formato, individuo adulto

Indeterminati
- 3 frr. (1 combusto)

Area A / trincea

Bos taurus (Bue)
- M2 superiore sn, usura ++, individuo adulto

Grande erbivoro
- omero sn, fr. diafisi individuo adulto

Indeterminati
- 1 fr. diafisi
- 3 schegge ossee < 3 cm

Area A / Quadrati

Q 9-10/EF US1

Bos taurus (Bue)
- cavicchio osseo, fr.

Ovis vel Capra (caprovini)
- molare superiore, fr., aspetto adulto

Indeterminati
- 3 frr.

Q 9-10/I L US1

Indeterminati
- 1 fr.

Q 11-12/EF US1

Grande erbivoro
- diafisi osso lungo 1 fr.

Ovis vel Capra (caprovini)
- M superiore, frammentato, usura ++, individuo adulto

Indeterminati
- 5 frr. >3 < 5 cm

Q 11-12/GH US1

Bos taurus (Bue)
- M2 inferiore dx, usura +°, individuo giovane/subadulto

Indeterminati
- 6 frr.

Q 11-12/MN US1

Indeterminati
- 2 frr.

Area B pulizia
Bos taurus (Bue)
- mandibola sn, branca orizzontale, aspetto adulto, P4-M1-M2, M2++
- costola, fr. mediano con tracce di rosicature di roditori
- metacarpo, 2 frr. diafisi mediana, individuo adulto

Ovis vel Capra (caprovini)
- metacarpo sn, III distale, articolazione distale F, individuo adulto, Bd 25,7 Dd 15,7

Sus scrofa f. domestica (Maiale)
- mandibola dx, 1 fr. branca orizzontale, C inf +/-, maschile giovane, D2-D4 – M1; D4++, M1+ (M2V)

Indeterminati
- 11 frr.

L'insieme dei reperti raccolti è costituito da 242 resti dei quali è stato possibile determinare a livello specifico solo il 23% circa. I reperti indeterminabili sono per lo più di dimensioni medio/piccole, frutto di frammentazione avvenuta in antico e non per fratturazione recente. Solo il 2% dei reperti reca tracce di contatto col fuoco. L'elevata frammentazione e il deterioramento delle superfici ossee non hanno consentito di riconoscere tracce certe di intervento antropico, ma non si può escludere che l'accumulo faunistico sia l'esito di attività di macellazione.

I resti determinati relativi alla struttura 1, databile ai Neolitico antico, sono esposti nella Fig. 15 e sono relativi quasi esclusivamente ai più comuni *taxa* domestici, in particolare bovini e caprovini. Il maiale e il cane sono appena attestati, mentre l'unica specie selvatica, il cervo, è indicata solo dal ritrovamento di un ampio frammento di palco di individuo probabilmente adulto.

I caprovini sono prevalenti nel campione anche in base al minimo numero di individui calcolato sulla base degli elementi anatomici (dentari e postcraniali) riconosciuti.

Il calcolo della distribuzione del MNI (Minimo Numero di Individui) per classe di età per ogni *taxon* ha evidenziato una relativa maggior presenza di individui

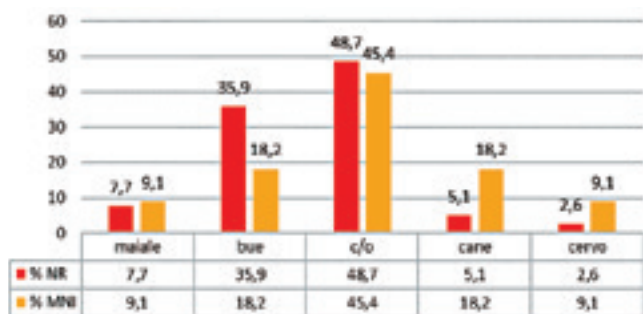



Fig. 15 - Reperti ossei da San Vito al Torre, Nogaredo, scavo 2015, divisi per *taxon,* con i grafici di distribuzione.
- *Bone finds from San Vito al Torre, Nogaredo, 2015 excavations, divided by* taxon, *with distribution graphs.*

Taxon	NR	% NR	MNI	% MNI
Maiale	3	7,7	1	9,1
Bue	14	35,9	2	18,2
Capro/ovini	19	48,7	5	45,4
Cane	2	5,1	2	18,2
Cervo	1	2,6	1	9,1
Totale	**39**	**100**	**11**	**100,0**

Tab. III - Reperti ossei provenienti da San Vito al Torre, Nogaredo, scavo 2015, divisi per *taxon*: calcolo della distribuzione del MNI.
- *Bone finds from San Vito al Torre, Nogaredo, 2015 excavations, divided by* taxon*: calculation of the MNI distribution.*

appena adulti e subadulti in particolare per quel che riguarda capra e pecora (Tab. III).

I dati biometrici a disposizione suggeriscono, solo per la popolazione ovicaprina, la presenza di animali di dimensioni medio/piccole (i valori dimensionali di un astragalo suggeriscono un'altezza al garrese di cm 58,3 per un individuo non ancora del tutto adulto), mentre le informazioni per i bovini si limitano a elementi dimensionalmente nei limiti delle forme tardo-preistoriche-protostoriche dell'Italia del nord.

In conclusione il complesso faunistico esaminato sembra indicare, con l'ovvia cautela da usare nel caso di un insieme così ristretto, lo sfruttamento, in questo settore del sito di Nogaredo, di bovini e soprattutto di caprovini di medio/piccole dimensioni. Accanto ad essi erano evidentemente allevati, in misura decisamente minore, anche suini domestici. Il quadro della fauna domestica è completato dal cane, i cui resti sono però relativi a due distinti individui di età differente attribuibili ad una forma di piccola taglia.

Il palco di cervo potrebbe segnalare la ricerca di materia dura di origine animale per attività artigianali, e non necessariamente la pratica venatoria rivolta a questo artiodattilo selvatico.

8. San Vito al Torre (CGF)

La località è stata individuata nel febbraio del 2001 per la presenza di concentrazioni di carboni, reperti faunistici e materiali archeologici, distribuiti in un'area ampia circa 4x4 metri. L'intervento si è dovuto limitare al solo recupero del materiale affiorante.

8.1. I materiali archeologici (PV)

Tra i materiali litici raccolti si contano 18 manufatti in pietra scheggiata non ritoccati e due residui di nucleo a schegge su ciottolo. La selce è in quasi tutti i casi di provenienza locale.

La ceramica si trova in uno stato di conservazione molto frammentario. Cinque reperti hanno caratte-

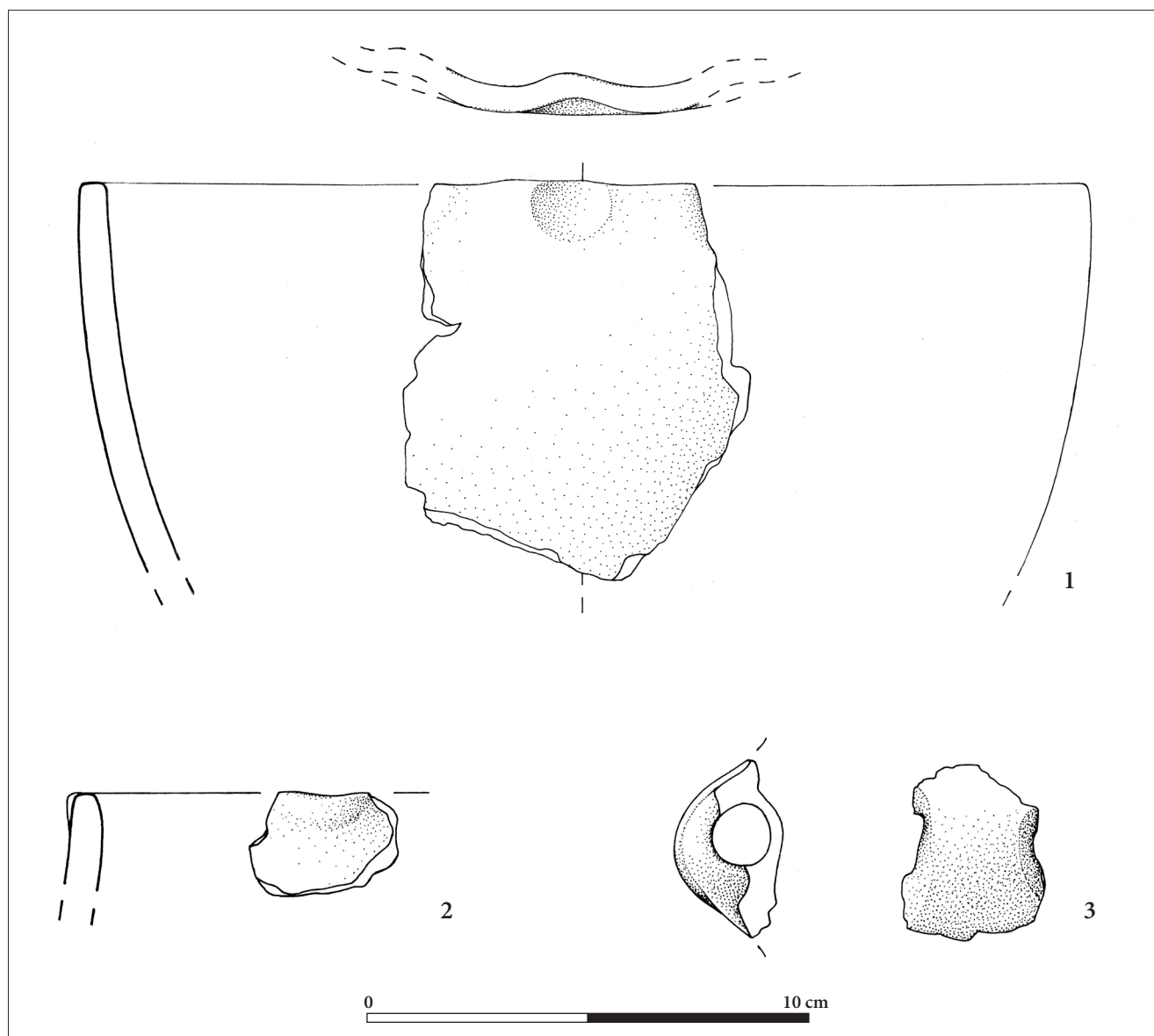



Fig. 16 - Produzione ceramica dal sito di San Vito al Torre (dis. G. Merlatti).
- *Pottery production. San Vito al Torre (drawings by G. Merlatti).*

ristiche sostanzialmente omogenee dell'impasto, che presenta una matrice poco compatta, colore bruno scuro, con numerosi vuoti d'aria e inclusi non visibili. Si tratta di tre orli assottigliati, di cui due caratterizzati da impressioni (Fig. 16, 2) e forse pertinenti allo stesso recipiente, e due anse a nastro insellato, una di piccole dimensioni (largh. alla base del nastro 2,7 cm) (Fig. 16, 3) e l'altra con un nastro di poco più largo (largh. alla base del nastro 3,5 cm). È, inoltre, presente un frammento di recipiente a pareti arcuate che presenta un orlo con andamento ondulato, determinato da impressioni esercitate dall'esterno (Fig. 16, 1). L'impasto in questo caso ha matrice compatta, colore bruno, con frequenti inclusi calcitici di medie e grandi dimensioni, riscontrabili non solo in sezione, ma anche sulla superficie esterna, che si presenta ruvida e di colore arancio.

Pur nella scarsa caratterizzazione dei reperti ceramici e nella loro frammentarietà, le proprietà degli impasti individuati, la presenza di anse insellate e del recipiente a orlo ondulato rimandano a confronti che sono sommariamente rintracciabili nel terzo stile dei vasi a bocca quadrata (Visentini 2018a). Citiamo rappresentativamente il sito di Rocca di Rivoli nel Veronese, dove sono attestate sia le anse insellate inornate (Barfield & Bagolini 1976, fig. 20, P79; fig. 26, P155; fig. 28, P203), sia quelle decorate (Barfield & Bagolini 1976, fig. 26, P159) e, per prossimità geografica, il sito di Bannia-Palazzine di Sopra (PN), dove le anse insellate compaiono nella Struttura 1 (Visentini 2005, tav. 3, 6), nella Struttura 8 (Visentini 2005, tav. 5, 4), nella Struttura 8A (Visentini 2005, tav. 6, 7) e nella Struttura 8E (Visentini 2005, tav. 7, 7).

Il recipiente a bordo ondulato trova invece un confronto diretto solo nel sito pordenonese: nella Struttura 8B (Visentini 2005, tav. 6, 24) e nella Struttura 8E (Visentini 2005, tav. 7, 4) e potrebbe rappresentare tecnologicamente una fase intermedia tra un recipiente a bocca tonda ed uno a quattro beccucci oppure una variante di quest'ultimo.

Per quanto riguarda l'industria litica, sebbene gli aspetti tecnologici siano compatibili con questo momento del Neolitico, l'uso prioritario della materia prima di provenienza probabilmente locale costituirebbe una difformità rispetto ai siti attribuibili al terzo stile dei vasi a bocca quadrata che prediligono un approvvigionamento della selce rintracciabile nella Piattaforma Veneta (Bianchin Citton et al. cds).

8.2. La fauna (GP)

I reperti faunistici provenienti da questa località si riferiscono principalmente alle due specie *Sus scrofa* f. domestica (maiale) e *Bos taurus* (bue domestico) e sono stati determinati come segue:

Sus scrofa f. domestica (Maiale)
- 1 canino inferiore destro incompleto di maschio adulto
- 1 fr. di mandibola con premolare quarto inferiore frammentato di individuo giovane
- 1 diafisi distale di omero sinistro con epifisi distale saldata e frattura recente della diafisi, individuo subadulto/adulto, larghezza dell'estremità distale mm 42,5 ca. A carico della faccia craniale della troclea (porzione laterale) si nota un'area abrasa, forse da ricondurre ad un'azione di taglio intenzionale della superficie ossea
- 1 fr. di diafisi di omero (vedi reperto precedente)
- 1 diafisi distale di tibia destra con distale saldata, individuo probabilmente adulto, frattura recente della diafisi

Bos taurus (Bue)
- osso carpale (lunato)
- 1 diafisi prossimale di femore sinistro con prossimale non saldata e frattura naturale della diafisi, individuo subadulto/adulto (larghezza dell'estremità prossimale mm 95 ca.)
- 1 terzo distale di femore destro con distale non completamente conservata ma saldata, individuo adulto
- 1 diafisi prossimale di metatarso sinistro, individuo probabilmente adulto, larghezza della prossimale mm 42 ca.
- 1 fr. prossimale di I falange con prossimale saldata, individuo adulto, Larghezza prossimale mm 34,1 spessore prossimale mm 37,9

A questi resti si aggiungono un fr. di diafisi di radio di grande erbivoro (bue/cervo) e 42 frr. Indeterminabili, di cui 33 piccoli frammenti e schegge di dimensioni inferiori ai 2 cm, e 9 resti di dimensioni maggiori.

9. Considerazioni (PV, GP, GiP, GT)

L'alveo del Torrente Torre, a causa delle importanti variazioni di portata dell'acqua nel corso dell'anno, è interessato da rilevanti eventi erosivi alternati a fenomeni di deposizione, che condizionano la visibilità archeologica. La verifica costante del territorio, unitamente al recupero di contesti archeologici in pericolo e all'intervento stratigrafico sui depositi messi in luce dall'erosione del torrente hanno consentito di documentare in più punti dell'alveo del settore in comune di San Vito al Torre diversi momenti di frequentazione antica, a partire dagli ultimi secoli del VI millennio a.C.

A Nogaredo, a sud del guado, sebbene lo studio dei materiali culturali sia ancora in corso, le analisi al radiocarbonio sui campioni di carbone hanno, infatti, attribuito il deposito al Neolitico antico, ovvero ad un momento culturale già documentato dalle indagini stratigrafiche condotte nel 1993 in un'area adiacente e, poco più a nord, nella località "ai tigli" nel comune di Pavia di Udine (Pessina et al. 2018). Alla stessa fase cronologica e fascia geografica appartengono anche gli abitati di Sammardenchia di Pozzuolo del Friuli e di Piancada di Palazzolo dello Stella, a cui si aggiungono le attestazioni pordenonesi di Fagnigola e di Valler di Azzano Decimo (Ferrari et al. 2018). Dal punto di vista paleoeconomico, similmente a quanto documentato nel corso dello scavo del 1993 (Petrucci et al. 2005), si osserva, per l'intervento stratigrafico del 2015, un quadro di assoluta prevalenza di sfruttamento di fauna domestica, con la predominanza di caprovini sulle altre specie, la presenza del cane e l'occasionale ricerca di selvaggina.

Alla metà del V millennio a.C. sembrano potersi attribuire i pochi frammenti ceramici e reperti litici raccolti poco più a sud, a San Vito di Nogaredo al Torre (Fig. 16); il dato, se sarà confermato da ritrovamenti futuri, appare interessante poiché documenta una frequentazione tra le più orientali attribuibili al terzo stile dei vasi a bocca quadrata, la cui area di distribuzione risultava sinora limitata ad est dalla provincia di Pordenone[29].

Da Nogaredo e, più precisamente, dall'area del guado, interessato, come abbiamo appena ricordato, da interventi stratigrafici nel 1993 (Pessina 1993) e nel

29) Allo stato attuale delle nostre conoscenze, questo stile risulta documentato in un areale compreso a nord dalla provincia di Bolzano, a nord-ovest dal lago di Garda, a sud-ovest dalla provincia di Cremona e a sud dal Fiume Po (Visentini 2018a).

2015 che hanno condotto al reperimento di materiali attribuibili al Neolitico antico, provengono elementi che documentano la frequentazione anche nel III millennio a.C., una fase cronologica ancora poco conosciuta in regione (Visentini 2018b; cds) e che qui sembra fornire una delle poche attestazioni italiane dello stile di Cetina, diffusosi principalmente nell'Adriatico orientale.

I materiali di Nogaredo, località Sopra Villa, giungono invece a documentare, purtroppo in modo al momento sporadico e privo di associazioni pienamente affidabili, un'importante fase di frequentazione tra BM e BR. Solo ulteriori ricerche potranno però documentare in modo più puntuale le modalità ed i tempi dell'occupazione del territorio lungo il Torre, nella fascia cioè che margina ad oriente l'areale, compreso tra Torre, fascia delle risorgive e Tagliamento, che vede nel corso di quel periodo il sorgere di una fitta trama di insediamenti arginati.

Spunti di sviluppo del progetto potranno derivare dallo studio delle fonti storiche, specialmente la cartografia storica, che possono, in chiave diacronica, offrire una profondità maggiore alle analisi multi temporali[30]. Inoltre, per la ricostruzione del paesaggio del passato sono preziose le informazioni derivate dall'analisi dei DTM in particolare quando questo è ottenuto da riprese LIDAR che descrivono con estrema accuratezza le morfologie e perfino le micro morfologie del terreno. I modelli digitali derivati da LIDAR, oltre a rappresentare una valida base di dati per osservare l'andamento del terreno in generale, grazie al loro dettaglio consentono di individuare con grande precisione eventuali elementi relitti del paesaggio del passato riconducibili alle trasformazioni naturali e talvolta a tracce di azioni antropiche che compaiono sotto forma di anomalie. A titolo esemplificativo, per rimanere nel contesto regionale, si veda l'utilizzo dei dati LIDAR per la ricostruzione del paesaggio dell'età del Bronzo del Carso Triestino (Bernardini et al. 2018).

Inoltre le fotografie aeree, scattate anche da drone, offrono un valido contributo nella lettura del contesto ambientale, in particolare per quanto riguarda gli indicatori della vegetazione, utile ancora una volta anche in chiave di monitoraggio. Data la relativa estensione dell'area di studio (Fig. 2) possono essere pianificati, e risultare di grande supporto, i rilievi effettuati *ad hoc* attraverso riprese fotografiche a bassa quota. Le fotografie, eventualmente elaborate attraverso un processo di fotomodellazione, possono essere inserite periodicamente all'interno del GIS al fine di individuare aree a rischio o nuove porzioni di suolo messe in luce dalle attività di erosione del Torrente Torre. Le immagini aeree offrono inoltre l'opportunità di osservare qualitativamente variazioni delle condizioni del terreno che possiamo analizzare come importanti indicatori degli assetti del paesaggio in trasformazione.

Nell'architettura di questo sistema di gestione delle informazioni si sottolinea ancora una volta l'importanza dei dati stratigrafici derivati dalle indagini geologiche e soprattutto archeologiche. I livelli preistorici emersi durante le ricerche degli ultimi decenni rappresentano il punto di partenza delle analisi in corso: dallo studio della loro posizione nascono gli interrogativi sulla distribuzione delle evidenze e sulla ricostruzione del paesaggio archeologico. Le diverse modalità di frequentazione dell'area a partire dalla fine del VI millennio venute in luce lungo il corso d'acqua aprono interessanti questioni sulle strategie insediative messe in atto dalle comunità preistoriche e sulla rappresentatività del dato fino ad oggi conosciuto nell'alta e bassa Pianura Friulana[31]. Queste indagini costituiscono la nostra "verità a terra" e introducono le componenti cronologiche e culturali all'interno del sistema: l'accuratezza nell'acquisizione dei dati di scavo, la loro interpolazione a livello topografico e il confronto con le unità geomorfologiche sono verifiche fondamentali previste dal progetto; infatti solo attraverso l'elaborazione dell'insieme di queste variabili è possibile ipotizzare aree di potenzialità archeologica e sviluppare carte della predittività.

La strutturazione dei dati su base GIS è attualmente in corso e costituisce il punto di partenza per le prossime attività di monitoraggio. Lo studio in dettaglio delle evidenze archeologiche e la loro contestualizzazione attraverso analisi multi temporali e l'elaborazione dei dati topografici, geomorfologici e da *Remote Sensing* può configurarsi come la prossima fase di lavoro per l'individuazione delle aree ad alta potenzialità archeologica.

Manoscritto pervenuto il 22.XI.2019, accettato il 10.XII.2019.

Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare Andrea Pessina per aver accordato l'edizione di alcuni dei reperti ceramici rinvenuti nell'area delle indagini del 1993 ancora inediti, Paola Ventura e Adriana Comar per le informazioni tratte dall'Archivio del Museo Archeologico Nazionale di Aquileia, Giuliano Merlatti per l'esecuzione dei disegni del materiale ceramico e Ivano Sebastianutto per le riprese con il drone.

30) L'utilizzo di cartografia storica integrato all'interno del GIS con cartografia attuale, immagini da *Remote Sensing* e modelli digitali del terreno ha prodotto in molte occasioni risultati eccellenti utili all'interpretazione dei paesaggi archeologici; a titolo esemplificativo si veda la redazione della Carta Geomorfologica della Provincia di Venezia (Bondesan et al. 2004).

31) Per un inquadramento generale del rapporto tra dinamiche insediative preistoriche e l'evoluzione geomorfologica del paesaggio nella Pianura Friulana si veda Fontana 2006b.

Bibliografia

Ahumada Silva, I., F. Maselli Scotti & E. Montagnari Kokelj. 1989. Castellazzo di Doberdò. *Annali di Storia Isontina* 2: 89-142.

Barfield, L. 1999. The Moser Collection in the Naturhistorisches Museum, Vienna. *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* 11: 19-62.

Barfield, L.H., & B. Bagolini. 1976. *The excavations on the Rocca di Rivoli-Verona 1963-1968*. Memorie del Museo Civico di Storia naturale di Verona (II serie), Sezione Scienze dell'uomo 1.

Bernardini, F., G. Vinci, A. Sgambati, R. Michieli, M. Pipan, A. De Min, M. Potleca, C. Tuniz & M. Montagnari Kokelj. 2018. Reconstructing the archaeological landscape in the Triest Karst (north-eastern Italy) through airborne LiDAR remote Sensing, In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 123/34. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Bianchin Citton, E., C. Conci, N. Dal Santo, S. Ferrari, E. Mottes, P. Salzani, P. Visentini & S. Ziggiotti. cds. Approccio tecno-tipologico e funzionale ai complessi litici datati tra la metà del V millennio e la metà del IV millennio a.C. di Friuli, Veneto, Trentino. In *Atti del Convegno Vasi a bocca quadrata Evoluzione delle conoscenze, nuovi approcci interpretativi, Riva del Garda, 13-15 maggio 2009*, cur. E. Mottes.

Bondesan, A., M. Meneghel, R. Rosselli & A. Vitturi. 2004. *Carta geomorfologica della Provincia di Venezia, scala 1:50.000 (con edizione digitale alla scala 1:20.000)*. Firenze: LAC, Provincia di Venezia.

Borgna, E. 1994. I materiali. In *I resti della tarda età del Bronzo in località Braida Roggia, vol. I di Pozzuolo del Friuli*, cur. P. Càssola Guida & E. Borgna, 41-196. Roma: Studi e Ricerche di Protostoria Mediterranea 2.

Borgna, E. 2017. Spunti per un allargamento dei confini dell'analisi comparativa: relazioni tra Egeo e Alto Adriatico nelle produzioni ceramiche del tardo Bronzo. In *Beyond Limits. Studi in onore di Giovanni Leonardi*, cur. M. Cupitò, M. Vidale & A. Angelini, 389-400. Padova: Antenor Quaderni 39.

Borgna, E., & S. Corazza. 2019. Dall'alta pianura friulana alla costa: le ricerche in ambito protostorico dell'Ateneo udinese 1997-2018. *Quaderni Friulani di Archeologia* 29: 49-66.

Borgna, E., P. Càssola Guida, K. Mihovilić, G. Tasca, B. Teržan & S. Vitri 2018. Il Caput Adriae tra Bronzo Antico e Bronzo Recente. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 75-96. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Borgna, E., P. Càssola Guida, S. Corazza, G. Simeoni, P. Visentini & S. Vitri. 2011. Aspetti e problemi dell'età del rame nelle regioni altoadriatiche dal Friuli al Carso. *Atti della XLIII Riunione Scientifica dell'IIPP*: 59-67.

Borzacconi, A., G. Caiazza & G.C. Fiappo. 2006. Indagini di superficie e ritrovamenti archeologici. In *Pavie. Il comune di Pavia di Udine e la sua storia*, cur. A. Borzacconi & G. Caiazza, 19-33. Udine: Società Filologica Friulana, Comune di Pavia di Udine.

Bratina, P. 2018. Bronze and Iron Age settlements in the Kras and the Vipava Valley, Slovenia. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 173-80. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Bressan, F. 1997. Progetto DAFNE: Palazzolo-Precenicco. Rinvenimenti subacquei nel fiume Stella. *Aquileia Nostra* 68: 446-50.

Cardarelli, A. 1983. Castellieri nel Carso e nell'Istria: cronologia degli insediamenti fra media età del bronzo e prima età del ferro. In *Preistoria del Caput Adriae (Catalogo della mostra)*, 87-118. Plaino (Udine): Ist. per l'Enciclopedia del Friuli Venezia Giulia.

Càssola Guida, P., & S. Corazza. 2018. Il Castelliere di Variano. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 653-62. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Càssola Guida, P., S. Corazza, & E. Borgna. 2018. Il castelliere di Galleriano di Lestizza. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 645-52. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Càssola Guida, P., S. Corazza, A. Fontana, G. Tasca & S. Vitri. 2004. I castellieri arginati del Friuli. In *L'età del bronzo recente in Italia, Atti del Congresso Nazionale (Lido di Camaiore, 26-29 ottobre 2000)*, cur. D. Cocchi Genick, 77-89. Viareggio (Lucca): Ed. M. Baroni.

Comel, A. 1958. *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 40, Palmanova, scala 1: 100.0000*. Padova: Uff. Idrog. Magistr. Acque di Venezia.

Corazza, S. 2018. I sistemi difensivi dei castellieri del Friuli: cronologia e modalità costruttive. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 209-22. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Črešnar, M. 2014. Bevke. In *Absolutno datiranje bronaste in železne dobe na Slovenskem / Absolute dating of the Bronze and Iron Ages in Slovenia*, cur. Teržan B. & M. Črešnar: 427-36. Ljubljana: Narodni Muzej Slovenije, Katalogi in Monografije 40.

Črešnar, M., & B. Teržan B. 2014. Absolutno datiranje bronaste dobe na Slovenskem / Absolute dating of the Bronze Age in Slovenia. In *Absolutno datiranje bronaste in železne dobe na Slovenskem / Absolute dating of the Bronze and Iron Ages in Slovenia*, cur. Teržan B. & M. Črešnar, 661-702. Ljubljana: Narodni Muzej Slovenije, Katalogi in Monografije 40.

Facchin, A., & G. Tasca. 2018. L'età del bronzo nella pianura veneziana orientale: riflessioni su alcuni recenti rinvenimenti. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre*

2014), cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 811-8. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Ferrari, A., S. Forenbaher, R. Michieli, M. Montagnari Kokelj, A. Pessina, A. Velušček & P. Visentini. 2018. Neolithic and Eneolithic of Caput Adriae, In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 61-74. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Fontana, A. 2006a. Aspetti geologici e geoarcheologici del territorio di Pavia di Udine. In *Pavie. Il comune di Pavia di Udine e la sua storia*, cur. A. Borzacconi & G. Caiazza, 39-48. Udine: Società Filologica Friulana, Comune di Pavia di Udine.

Fontana, A. 2006b. *L'evoluzione geomorfologica della bassa Pianura Friulana e le sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*. Udine: Pubbl. Mus. Friul. St. Nat. 47.

Fontana, A., G. Monegato, S. Devoto, E. Zavagno, I. Burla & F. Cucchi. 2014. Geomorphological evolution of an Alpine fluvioglacial system at the LGM decay: the Cormor type megafan (NE Italy). *Geomorphology* 204: 136-53.

Fontana, A., G. Monegato, S. Rossato, E. Poli, S. Furlani & C. Stefani, cur. 2019. *Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150.000 e note illustrative*. Regione Autonoma Friuli Venezia Gulia - Servizio Geologico. Trieste, 80 pp, 1 foglio.

Forenbaher, S. 2018. Ljubljana i Cetina: lončarski stilovi 3. tisućljeća prije Krista na prostoru istočnoga Jadrana / Ljubljana and Cetina: Pottery Styles of the Third Millennium BC in the Eastern Adriatic. *Pril. Inst. arheol. Zagrebu* 35: 113-57.

Frassine, M., G. Tasca & S. Pettarin. 2018. Nuovi rinvenimenti protostorici nel Friuli occidentale: i materiali. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 875-82. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Gilli, E., & E. Montagnari Kokelj. 1993. La grotta dei Ciclami nel Carso Triestino (materiali degli scavi 1959-61). *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* 8: 121-94.

Gill,i E., & E. Montagnari Kokelj. 1994. La grotta delle Gallerie nel Carso Triestino, *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* 7: 65-162.

Gilli, E., & E. Montagnari Kokelj. 1996. La grotta degli Zingari nel Carso Triestino (materiali degli scavi 1961-1965. *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* 9: 63-126.

Grillo, A., G. Tasca, P. Visentini, N. Zambon & L. Zin. 1992. Recenti rinvenimenti preistorici e protostorici nella Destra Tagliamento (Provincia di Pordenone). A*tti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli-Venezia Giulia* 7: 209-25.

Hellmuth Kramberger, A. 2017. *Monkodonja. Istraživanje protourbanog naselja brončanog doba Istre, Knjiga 2 - Keramika s brončanodobne gradine Monkodonja / Forschungen zu einer protourbanen Siedlung der Bronzezeit Istriens Teil 2 - Die Keramik aus der bronzezeitlichen Gradina Monkodonja*. Pula: Arheološki muzej Istre. Monografije i katalozi 28.

Jilg, E. 2007. Young Bronze age finds from Lödersdorf near Feldbach, Eastern Styria. In *Studien zur Mittel- und Spätbronzezeit am Rande der Südostenalpen*, cur. G. Tiefengraber, 117-23. Bonn: Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 148.

Kerman, B. 2014a. Pince pri Lendavi / Pince near Lendava. In *Absolutno datiranje bronaste in železne dobe na Slovenskem / Absolute dating of the Bronze and Iron Ages in Slovenia*, cur. B. Teržan & M. Črešnar: 131-63. Ljubljana: Narodni Muzej Slovenije, Katalogi in Monografije 40.

Kerman, B. 2014b. Pod Kotom-sever. In *Absolutno datiranje bronaste in železne dobe na Slovenskem / Absolute dating of the Bronze and Iron Ages in Slovenia,* cur. B. Teržan & M. Črešnar: 159-76. Ljubljana: Narodni Muzej Slovenije, Katalogi in Monografije 40.

Knavs, M., & M. Mlinar. 2005. Bronastodobna lončenina iz Turjeve jame v dolini Nadiže. *Arheološki Vestnik* 56: 59-72.

Lambertini, I., & G. Tasca. 2006. Castelliere di Rividischia, scavi 1998-2000: la ceramica. *Quaderni Friulani di Archeologia* 16: 113-84.

Lonza, B. 1981. La ceramica del castelliere degli Elleri. *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 4*. Trieste.

Mizzan, S. 1997. Catalogo dei reperti paletnologici. In *Uomini e orsi. Frammenti di vita e di ambiente nel Quaternario (Catalogo della mostra)*, 87-123. Trieste: Civici Musei di Storia ed Arte, Museo Civico di Storia Naturale.

Montagnari Kokelj, E. 1989. Il Carso goriziano tra protostoria e storia. In *Da Castellazzo a San Polo (Catalogo della mostra)*. Gorizia: Provincia di Gorizia.

Montagnari Kokelj, E., & A. Crismani. 1997. La grotta del Mitreo nel Carso Triestino. *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia* 10: 7-98.

Moretti, M. 1978. Nivize. In *I castellieri di Nivize Monte Grisa Ponte S. Quirino. Complessi dell'età del bronzo*, 12-41. Trieste: Atti dei Civici Musei di Storia e Arte di Trieste. Monografie di Preistoria 2.

Moretti, M. 1983. Castelliere di Monte Castellier degli Elleri. In *Preistoria del Caput Adriae (Catalogo della mostra)*, 123-7. Plaino (Udine): Ist. per l'Enciclopedia del Friuli Venezia Giulia.

Muggia. 1997. *Il Civico Museo Archeologico di Muggia*, cur. F. Maselli Scotti, Trieste.

Murgelj, I. 2013. *Podsmreka pri Višnj Gori*. Ljubljana: Arheologija na avtocesta Slovenije 42.

Nonini, G., & G. Tasca. 1995. Buttrio (UD). *Quaderni Friulani di Archeologia* 5: 45-8.

Pessina, A. 1993. Siti preistorici a Nogaredo al Torre. *Quaderni Friulani di Archeologia* 3: 39-53.

Pessina, A., A. Fontana, M. Rottoli & G.C. Fiappo. 2018. Un nuovo villaggio neolitico da Pavia di Udine e i più recenti dati dal territorio. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza,611-18. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Petrucci, G., A. Pessina, P. Visentini & S. Vitri. 2005. Allevamento e caccia nei siti neolitici del Friuli. In *Atti del 4° Convegno Nazionale di Archeozoologia, Pordenone, 13-15 novembre 2003*, cur. G. Malerba & P. Visentini,

161-7. Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale 6.

Pettarin, S., G. Tasca, & P. Visentini. 1996. Materiali preistorici e protostorici da San Tomè di Dardago (Budoia-Pordenone). *Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli-Venezia Giulia* 10: 151-95.

Pizziolo, G. 2018. *Uomo, terra e acque nella Toscana preistorica. Processi formativi, scenari e casi studio*, Firenze: Millenni. Studi di Archeologia preistorica 18.

Pizziolo, G., & L. Sarti, cur. 2015, Predicting prehistory. Predictive models and field research methods for detecting prehistoric contexts, *Proceedings of the International Workshop. Grosseto (Italy), September 19-20, 2013*. Firenze: Millenni. Studi di Archeologia preistorica 11.

Sarti, L., G. Pizziolo & N. Volante, 2019. Modalità di popolamento dell'area fiorentina tra Neolitico e Bronzo finale: un aggiornamento. *Rassegna di Archeologia* 27: 145-79.

Schamberger, E. 2007. Die bronzezeitlichen Siedlungsreste aus Vorwald bei Wald am Schoberpass, Stmk. In *Studien zur Mittel- und Spätbronzezeit am Rande der Südostalpen,* cur. G. Tiefengraber: 235-326. Bonn: Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 148.

Stacul, G. 1972. Il castelliere C. Marchesetti nel Carso triestino. *Rivista di Scienze Preistoriche* 27: 145-62.

Stacul, G., & E. Montagnari Kokelj. 1983. La Grotta di Cladrecis nei Colli orientali del Friuli: scavi 1981-2. In *Problemi storici ed archeologici dell'Italia nordorientale e delle regioni limitrofe dalla preistoria al medioevo,* 23-43. Trieste: Atti dei Civici Musei, Quaderno 13.

Surian, N., D. Pasqualini & G. Tunis. 2009. La dinamica del Torrente Torre (Pianura Friulana) nel corso degli ultimi 200 anni. *Memorie Soc. Geogr. It.* 87: 415-26.

Tagliaferri, A. 1986. *Coloni e legionari romani nel Friuli celtico. Una ricerca archeologica per la storia. Volume secondo, documenti*. Pordenone: Grafiche editoriali artistiche pordenonesi.

Tasca, G. 1996. Gli antefatti: l'età del bronzo media e recente. In *Protostoria tra Sile e Tagliamento (Catalogo della mostra)*, cur. R. Salerno, G. Tasca & A. Vigoni, 322-7. Padova.

Tasca, G. 2005. Il territorio di Camino nella Protostoria; Presenze protostoriche in territorio di Camino al Tagliamento: Pieve di Rosa; i materiali dell'età preromana. In *Camino al Tagliamento*, cur. M. Buora, 30-48. Tavagnacco (UD): Presenze romane nel territorio del Medio Friuli, 12.

Tasca, G. 2010-2011. *Tipologia e cronologia della produzione ceramica del Bronzo medio-recente nella Bassa Pianura Friulana*. Tesi di Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Archeologici e Architettonici, Scienze Archeologiche, Università degli Studi di Padova, XXIII ciclo.

Tasca, G. 2015. Lo scavo della Gradiscje di Codroipo. Evidenze e materiali. In *Un castelliere nel Medio Friuli. Gradiscje di Codroipo 2004-2014*, cur. G. Tasca, C. Putzolu & D. Vicenzutto, 62-91. Codroipo (UD).

Tasca, G., C. Putzolu, & D. Vicenzutto. 2018. Indicatori di "confini" o di trapasso graduale tra settori culturali adiacenti nell'età del bronzo della pianura friulana. In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 355-70. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Tiefengraber, G. 2007. Zum Stand der Erforschung der Mittel- und Spätbronzezeit in der Steiermark. In *Studien zur Mittel- und Spätbronzezeit am Rande der Südostalpen*, cur. G. Tiefengraber: 67-113. Bonn: Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 148.

Trivignano Udinese e la sua storia. 2004. *Caratteri di una comunità della bassa friulana*. Comune di Trivignano Udinese.

Vinci, G., A. Persichetti, & S. Vitri. 2018. Le capanne della tarda età del bronzo di Coderno di Sedegliano (Udine). In *Preistoria e Protostoria del Caput Adriae, Atti della XLIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Udine-Pordenone 7-11 ottobre 2014)*, cur. E. Borgna, P. Càssola Guida & S. Corazza, 677-84. Firenze: Studi di Preistoria e Protostoria 5.

Visentini, P. 2005, La ceramica neolitica. In *Bannia - Palazzine di Sopra. Una comunità preistorica del V millennio a.C.*, cur. P. Visentini, 43-57. Pordenone: Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale 5.

Visentini, P. 2018a. *La fine del Neolitico nell'Italia nord-orientale. Insediamenti e produzioni tra V e IV millennio a.C. / The End of the Neolithic in North-Eastern Italy. Settlement and Productions between 5th and 4th Millennium BC*. Firenze: Museo e Istituto Fiorentino di Preistoria, Millenni, 15.

Visentini, P. 2018b. An Update on the Data about the Late Neolithic and Eneolithic in Friuli. *Studia Universitatis Hereditati* Let. 6, Štev. 1: 9-32. doi: https://doi.org/10.26493/2350-5443.6(1).

Visentini, P. cds. La produzione ceramica del III millennio a.C. in Friuli Venezia Giulia. Prime considerazioni. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona. Sezione Scienze della Vita* 13.

Visentini, P., R. Avigliano, E. Castiglioni, A. Fontana, C. Lemorini, C. Mazzoli, G. Petrucci & G. Tasca. 2015. Il sito fortificato di Meduno Sach di Sotto (Pordenone) nel quadro dell'Eneolitico delle regioni vicine. *Gortania. Geol., Paleont., Paletn.* 36: 69-124.

Vitri, S., F. Senardi, S. Mizzan, & G. Petrucci. 1994. Scavi dell'età del bronzo a Porpetto. *In Atti della XXIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Trieste-Pordenone 28-30 settembre 1990)*, 273-91. Firenze.

Vitri, S., A. Balasso & G. Simeoni. 2011. Tumuli e strutture abitative presso Flaibano nell'alta Pianura Friulana (Italia, Friuli Venezia Giulia) vecchi e nuovi dati. In *Ancestral Landscapes,* cur. E. Borgna & S. Müller Celka, 239-52. TMO, Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée 58.

Vitri, S., A. Borzacconi, S. Corazza, G. Simeoni, M. Marchesini & G. Petrucci. 2012. Udine. Palazzo Mantica. Resti protostorici e bassomedievali/rinascimentali. *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Friuli Venezia Giulia* 4: 46-57.

Zendron, F. 2017. Materiali ceramici del Bronzo recente e Finale da Ronchi di Gagliano. *Gortania. Geol., Paleont., Paletn.* 39: 99-114.

GORTANIA
Geologia, Paleontologia, Paletnologia | 40 (2018) | 105-119 | Udine, 10.XII.2019 | ISSN: 2038-0410

Federica Zendron

ŠUOŠTERJOVA JAMA (PULFERO, UDINE). STORIA DELLE RICERCHE

ŠUOŠTERJOVA JAMA (PULFERO, UDINE). HISTORY OF THE RESEARCHES

Riassunto breve - L'articolo ripercorre la storia delle indagini compiute presso la Šuošterjova Jama nel 1923 da Egidio Feruglio e, tra il 1958 e il 1969, da altri soci del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, analizzando anche i dati stratigrafici emersi. I materiali archeologici frutto di queste ricerche sono attualmente conservati presso le collezioni del Museo Friulano di Storia Naturale, del Museo Archeologico Nazionale di Cividale del Friuli e del Circolo.
Parole chiave: Šuošterjova Jama, Grotte, Valli del Natisone, Indagini archeologiche.

Abstract - *The ariticle traces the history of the investigations carried out at the Šuošterjova Jama in 1923 by Egidio Feruglio and, between 1958 and 1969, by other members of the Circolo Speleologico e Idrologico Friulano (Friulian Speleological and Hydrological Society); the resulting stratigraphic data are also described. The archaeological findings are currently stored in the collections of the Museo Friulano di Storia Naturale (Friulian Museum of Natural History), of the Museo Archeologico Nazionale (National Archaeological Museum) of Cividale del Friuli and of the Circolo.*
Key words: *Šuošterjova Jama, Caves, Valli del Natisone, Archaeological researches. NE Italy.*

Il presente contributo è conseguente all'intervento di riordino sistematico cui è stato sottoposto, da parte della scrivente, il materiale archeologico proveniente dalla Šuošterjova Jama conservato nei magazzini del Museo Friulano di Storia Naturale di Udine (in seguito MFSN) a seguito del quale è stata programmata una completa revisione di quanto recuperato nella cavità e depositato anche presso le strutture del Museo Archeologico Nazionale di Cividale (in seguito MAN Cividale) e del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano di Udine (in seguito CSIF). Il lavoro rientra in un progetto più ampio, dedicato alle grotte delle Valli del Natisone (e più in generale dell'intero Friuli), che prevede la rilettura delle notizie relative ai vecchi scavi, lo studio sistematico e la pubblicazione dei manufatti.

Gli aspetti pre- e protostorici di questa cavità sono stati esaminati da diversi autori, anche in tempi relativamente recenti (Del Fabbro 1975; Bressan 1997; per una bibliografia più approfondita si veda Maddaleni 2018), ma senza che i reperti venissero descritti dettagliatamente ed inseriti in un contesto culturale. L'esame che segue, basato sullo spoglio dei dati attualmente disponibili, ha, dunque, il valore di premessa all'analisi dei reperti, ora in corso, che si auspica possa consentire di avanzare nuove prospettive di ricerca non solo sulla frequentazione di lunga durata dell'area in cui si apre la cavità, ma anche, in generale, sul quadro dell'evoluzione storico-archeologica delle Valli del Natisone.

Introduzione

La Šuošterjova Jama (Fr 300/317 reg; slov. 'Grotta del Calzolaio')[1] è collocata nella valle del Fiume Natisone, circa 500 metri a nord dell'attuale abitato di Specognis (Špehuonja), in comune di Pulfero (Podbuniesac) (Fig. 1). La cavità si apre a 245 metri s.l.m, nella parte superiore di un costone roccioso posto sulla destra idrografica del fiume, non distante dal punto in cui la valle si allarga e accoglie, oltre al già citato paese di Specognis, l'abitato di Podvarschis (Podvaršè) e, sulla sponda opposta, i borghi di Loch e Linder. La grotta, il cui ingresso non è generalmente visibile dal fondovalle a causa della fitta vegetazione che lo occulta (ma si può osservare - salendo di pochi metri - dal versante opposto; Fig. 2), è raggiungibile percorrendo un sentiero, in parte attrezzato e segnalato da pannelli.

Inquadramento geologico e morfologico

Il settore montano della valle del Fiume Natisone è inciso per la sua parte mediana (indicativamente fra Ci-

1) La grotta è nota anche con i toponimi di Šuoštarjova jama, Šusterjeva jama, Susterowa Jama, Suosteriova Jama e Grotta Souveteriova (Rupel 2005, p. 39). Per un inquadramento generale del sito si veda http://catastogrotte.fvg.it/317-Suosteriova_Jama (URL verificato in data 25/11/2019).

Fig. 1 - Posizione della cavità indicata sulla carta topografica alla scala 1:100.000 (Editrice Tabacco).
- *Position of the cave on the topographic map at the scale 1:100.000 (Editrice Tabacco).*

Fig. 2 - L'ingresso della grotta visto, in autunno, dal versante opposto della valle. In primavera e in estate il bosco, che si è notevolmente espanso in questi ultimi decenni, nasconde completamente l'imbocco della cavità (foto A. D'Andrea).
- *The entrance to the cave, in autumn, from the opposite side of the valley. In spring and summer the wood, which has greatly expanded in recent decades, hides the entrance to the cave (photo A. D'Andrea).*

vidale del Friuli e Pulfero) nel Flysch eocenico-cretacico caratterizzato dalla presenza di banconi calcarenitici, più o meno potenti, all'interno dei quali si aprono numerose cavità naturali (fra le quali la più nota ed estesa è la Grotta di San Giovanni d'Antro). Nella porzione più a monte (da Pulfero verso il confine e nel territorio Sloveno) il Natisone incide una sequenza carbonatica mesozoica che va dal Cretaceo al Triassico superiore, quest'ultimo rappresentato dalla Dolomia Principale di età Norico-Retico (Tunis & Venturini 1997). Più specificatamente il costone roccioso nel quale si apre la Šuošterjova Jama è costituito da calcari giurassico-cretacei (Calcare di Soccher) cui si sovrappone, proprio all'altezza della grotta, la Breccia di Montefosca, formazione cha segna il passaggio fra Cretaceo e Paleocene.

L'intera area appare, soprattutto in questo tratto, incisa profondamente dal fiume come mostrano la forte verticalità delle pareti della valle, l'esistenza di numerosi terrazzi alluvionali modellati dall'intervento umano; anche i dati di neotettonica, infine, indicano una certa tendenza al sollevamento della zona, cui si somma la presenza di una faglia trascorrente attiva che corre circa parallela al corso del Fiume Natisone (Carobene et al. 1979; Muscio et al. 1980). L'intensa attività svolta dalle acque fluviali ha modificato la preesistente morfologia della valle che era andata creandosi nel corso delle fasi del Würm in seguito forse al passaggio di una lingua glaciale (espansione laterale di quella dell'Isonzo) che giungeva probabilmente fino all'altezza di Pulfero; possibili tracce macroscopiche di tale evento sono i grandi massi depositati in vari punti del letto del fiume, anche se della presunta lingua glaciale non sono rintracciabili tracce evidenti o depositi morenici.

L'elemento più significativo per comprendere la morfologia dell'area è comunque l'evidente cattura fluviale del Natisone, che originariamente (nel pre-Pleistocene, presumibilmente nel Pliocene) percorreva l'attuale Valle di Pradolino, per subire successivamente una "cattura" da parte dell'Isonzo e infine, nel post-Würmiano, percorrere la stretta di Stupizza e acquisire l'andamento attuale (Tellini 1898; Vaia 1997).

La grotta, che ha uno sviluppo complessivo di 47 metri (Fig. 4), presenta un unico ampio ingresso a sezione subcircolare (circa 8x6 m) esposto a nordest (Figg. 2 e 3). Nel tratto iniziale la cavità si orienta in direzione sudovest e procede in lieve e costante salita per piegare, dopo circa 15 metri, verso ovest. In questo segmento si aprono sulla destra due ampie nicchie, la più interna delle quali risulta essere anche la più profonda. La volta che si abbassa progredendo verso il fondo della grotta, non presenta concrezioni mentre il suolo, composto per uno spessore di circa un metro da ciottoli che insistono sull'originario fondo argilloso, appare generatosi dal disfacimento della stessa. Dopo ulteriori 10 metri, superata una strozzatura, la galleria procede sempre in direzione ovest per un breve tratto (una decina di metri) caratterizzato da un certo concrezionamento e da un piano di calpestio coperto da massi provenienti

Fig. 3 - L'imbocco della cavità visto dall'interno (foto A. D'Andrea).
- *The entrance to the cave from inside (photo A. D'Andrea)*

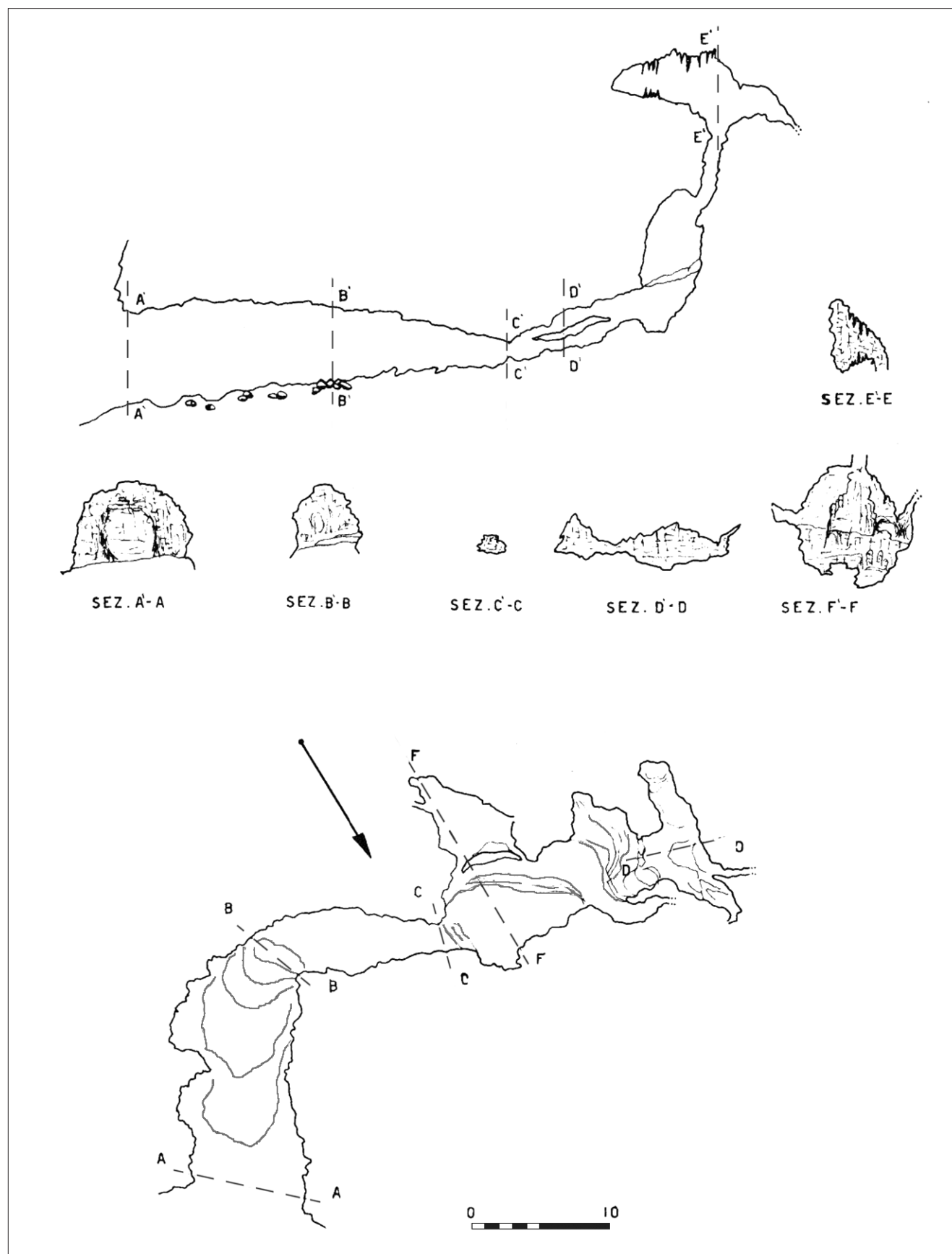



Fig. 4 - Il rilievo della Šuošterjova Jama (pianta e sezione) eseguito dal CSIF e conservato al Catasto Grotte della Regione Friuli Venezia Giulia. All'originale numero del catasto grotte Friuli (Fr 300), è stato poi aggiunto quello del Catasto regionale (317 reg).
- *The relief of Šuošterjova Jama (plan and section) by the CSIF, preserved in the Catasto Grotte of the Friuli Venezia Giulia Region. The number of the regional register (317 reg) was added to the original number of the Friuli registry (Fr 300).*

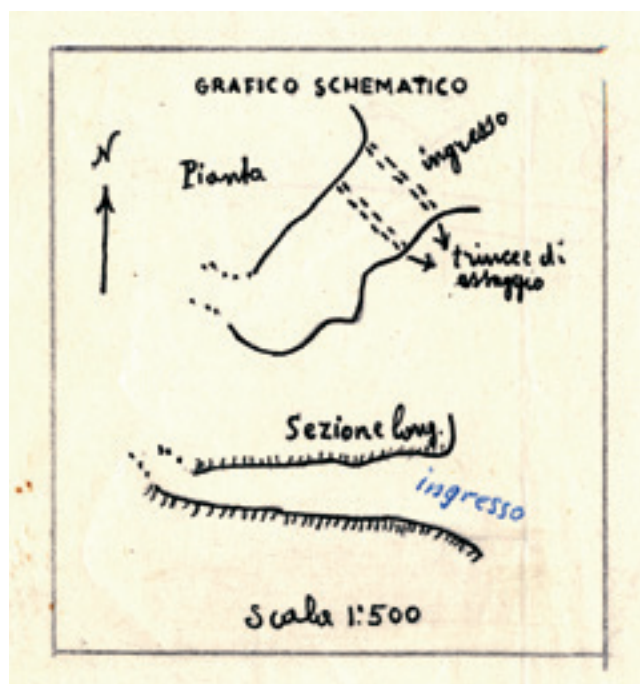



Fig. 5 - Disegno schematico della prima parte della cavità con indicate le aree di scavo di Feruglio, realizzato da Lodovico Quarina in occasione del suo sopralluogo del 1938 (Archivio CSIF).
- *Schematic drawing of the first part of the cave, with indication of the areas excavated by Feruglio, made by Lodovico Quarina during the inspection of 1938 (CSIF Archive).*

sempre dal crollo della volta; fa eccezione una modesta sala che si apre nella parete sulla sinistra alla quale si accede attraverso un gradino di circa un metro e che presenta suolo argilloso. La cavità termina con uno stretto camino, ricco di cristalli di calcite, alto oltre 15 metri che consente l'accesso ad una seconda, piccola sala ben concrezionata. Il costante rinvenimento in questo tratto di grotta di frammenti di ossa trasportati dall'acqua di dilavamento superficiale indica verosimilmente un collegamento e una stretta vicinanza con l'esterno, come conferma il confronto fra l'andamento della cavità e la topografia superficiale.

La cavità si è quindi generata grazie all'infiltrazione nel terreno delle acque superficiali che hanno inizialmente scavato la saletta terminale e hanno poi proseguito la loro opera penetrando verticalmente nel suolo, forse in concomitanza con una fase di sollevamento della zona, fino a formare una grande caverna di crollo. L'acqua ha successivamente continuato a scavare seguendo nell'ultimo tratto una frattura con direzione N40E-S40W, forse coadiuvata dall'azione del Natisone che potrebbe aver originato o ampliato l'attuale ingresso, in un momento (pre-Würmiano) in cui questo tratto del costone roccioso si trovava all'altezza del fiume o a un livello inferiore rispetto all'attuale; ad esempio lo sbocco della Gola di Pradolino, antico percorso del Natisone è posto a una quota di una decina di metri superiore a quello della Šuošterjova Jama (Muscio et al. 1980, p. 37).

3. Storia delle ricerche e degli studi

Le prime esplorazioni speleologiche e le indagini di Egidio Feruglio

Secondo quanto riportato dal Brozzi, la Šuošterjova Jama fu oggetto di rinvenimenti occasionali già nel 1887 (Brozzi 1981, p. 62)[(2)].

La grotta fu visitata il 26 agosto 1919 dal Musoni nel corso di un veloce sopraluogo durante il quale lo studioso ebbe solo il tempo di registrare pochi dati relativi al tratto iniziale della cavità (Musoni 1919-1920).

I primi scavi furono compiuti da Egidio Feruglio nel 1923 (Figg. 5 e 6)[(3)]. A testimonianza dell'intervento del Feruglio (sia Feruglio che Musoni erano fra i soci più attivi del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano) restano un modesto quantitativo di frammenti di ceramica e l'epistolario tra il geologo, il direttore del Museo Regio di Cividale Ruggero Dalla Torre e il Soprintendente alle Belle Arti del Veneto Gino Fogolari[(4)].Dalla corrispondenza emergono limitate notizie (Fig. 6). Lo scavo che durò appena due giorni, tra il 14 e il 16 agosto, fu svolto dal Feruglio con l'ausilio di quattro operai nei pressi dell'ingresso della grotta dove il deposito risultava "alquanto rimaneggiato, forse dalle acque"[(5)]. Le indagini portarono alla rimozione di alcuni metri cubi di materiale e alla scoperta di "alcuni cocci, frammenti di ossa (in prevalenza di capra e di bue), due ossa lavorate l'una a giusa di pugnale, alcuni oggetti in selce (raschiatoi, lame)" (Prot. MAN Cividale 1895, div. VIII 18 agosto 1923) che furono datati al periodo neolitico

2) Non sono state reperite notizie relative all'autore e alla natura dei rinvenimenti. Il ventennio che chiude l'Ottocento è cruciale per la "rifondazione" dell'allora Regio Museo Archeologico di Cividale, la cui reggenza venne affidata nel 1886 al conte Alvise Zorzi, e per la regolamentazione delle numerose e importanti scoperte fortuite che a partire dagli inizi del Diciannovesimo secolo si susseguirono nelle valli. Si deve allo stesso Zorzi, in accordo con il conte Marzio de Portis nominato nel 1887 Regio Ispettore dei Monumenti ed Escavi del Circondario di Cividale, la circolare inviata "a tutti i sindaci del mandamento esortandoli che nelle eventualità di scoperte volessero informarci subito affine che si potesse provvedere, a norma dei casi, ed informare il Ministero" (AMC I 27, cart. 17, minute del 16 luglio 1893). La segnalazione potrebbe essere seguita al diffondersi tra la popolazione del suddetto avviso.
3) Per una sintesi sulla vita e le opera del geologo, naturalista ed esploratore friulano si rimanda a Gortani 1954; Martinis 1956; Gortani 1957; Grossutti 1997; Micelli & Vaia 2000; Grossutti 2010; Magrini 2011.
4) L'incartamento è conservato presso l'Archivio del MAN di Cividale (AMC I 28, cart. 28, busta 17 Valli del Natisone – Speleologia varia). I materiali sono conservati presso i magazzini della stessa struttura.
5) Si ritiene che possano essere attribuite a questo intervento le due trincee trasversali aperte nei pressi dell'imboccatura della grotta, contrassegnate con le lettere G e H nello schizzo tracciato nel 1958 dai soci dello CSIF e allegato alla relazione di scavo (Archivio CSIF).

in base ai confronti che lo stesso Feruglio istituì con i reperti da lui recuperati al Foràn di Landri e al Ciondàr des Paganis e con i materiali provenienti dalla Velika Jama indagata dal Musoni e dall'Alfonsi[6]. Su richiesta della Soprintendenza, una parte degli oggetti fu depositata presso i magazzini del Regio Museo. Considerato il fortunato esito dell'indagine, il Feruglio avanzò il proposito di estendere gli scavi anche sul fondo della caverna per evitare possibili nuovi rimaneggiamenti del deposito. Egli domandò alla Soprintendenza fondi per proseguire le esplorazioni nell'ottobre dello stesso anno. Dalla documentazione di archivio, alla richiesta, dapprima accolta, non fecero però seguito ulteriori indagini[7].

I risultati degli scavi restarono inediti. A quanto sembrano dimostrare i successivi eventi, si perse presto memoria dei rinvenimenti. Quando il 22 giugno del 1938 Lodovico Quarina si apprestò a compiere l'esplorazione e il parziale rilievo della cavità, riguardo alla presenza delle "chiare tracce di due trincee trasversali" scavate al fine di recuperare resti di manufatti antichi, non fu, infatti, in grado di attribuire al Feruglio la paternità delle ricerche (Quarina 1939; cfr. Figg. 5 e 7)[8]. Le trincee, che risultavano al tempo dell'escursione del Quarina in parte interrate, potevano arrivare, a quanto riportato nella scheda tecnica dedicata alla grotta conservata al CSIF, a circa un metro di profondità. Sulla superficie non dovevano essere rimasti resti di fauna o frammenti di manufatti antichi perché il Quarina non escluse che, a seguito di più accurate ricerche, potessero emergere tracce di frequentazione antropica.

14. VIII. 923

Signor Professore,

Mi reco al Pulfero, per eseguire uno scavo d'assaggio nella Suosteriova jama, aperta sulla sponda destra del Natisone, 350 m. a monte di Specogna. Non so quanto mi tratterrò lassù, ma certamente tutto oggi e domani. Se si reca al Pulfero, potrà chiedere di me nell'osteria del paese.

Al mio ritorno, cercherò di passare da Lei a Cividale.

Ossequi devoti

Egidio Feruglio

Fig. 6 - Lettera di Egidio Feruglio con alcune informazioni sulle ricerche programmate alla Šuošterjova Jama (1923, Archivio del MAN di Cividale del Friuli).
- *Letter from Egidio Feruglio with some information on the research planned for Šuošterjova Jama (1923, Archive of the MAN of Cividale del Friuli).*

Le ricognizioni e le indagini archeologiche del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano di Udine

Rinnovando gli intenti dei soci fondatori, con lo scopo di promuovere uno studio sistematico delle grotte friulane di interesse paletnologico, sul finire degli anni Cinquanta del secolo scorso i membri dello CSIF compirono numerose esplorazioni e indagini in diverse cavità della regione. Nell'autunno del 1958 anche la Šuošterjova Jama fu oggetto di tre escursioni che, a seguito di scavi superficiali, portarono alla raccolta di manufatti di diverse epoche e di alcuni resti ossei. A seguito delle scoperte, vennero avviate da parte dei soci nuove indagini tra il 20 e il 23 novembre del 1958 e tra marzo e aprile e nell'ottobre del 1959 (Fig. 8-11)[9], grazie anche al contributo del C.N.R. ottenuto per diretto interessamento di Michele Gortani, allora presidente del Circolo (Moro 1960).

6) Si rammenta che il Feruglio aveva compiuto scavi tra il 1914 e il 1916 nella grotta del Ciondàr (Feruglio 1916) e nel 1921 al Foràn di Landri (Feruglio 1920, 1921) recuperando un cospicuo quantitativo di materiali e dati. La Veljka Jama fu oggetto di indagini da parte del Musoni (Musoni 1904; Musoni 1905) e dell'Alfonsi (Alfonsi 1912).

7) Negli incartamenti relativi alla Šuošterjova è presente una lettera datata 31 ottobre 1923 con la quale il Soprintendente ringrazia per gli scavi effettuati nella cavità e per i materiali consegnati al Regio Museo. Non è chiaro dalla missiva se le indagini a cui si fa riferimento siano quelle svolte dal Feruglio in agosto o quelle che il geologo aveva richiesto di poter compiere nell'autunno del medesimo anno. Il documento, inoltre, attesta che fu richiesta sempre dal Soprintendente al Della Torre una relazione sull'operato del Feruglio e l'elenco completo del materiale rinvenuto. Se la richiesta fu assecondata, la relazione e l'elenco potrebbero trovarsi presso gli Archivi della Soprintendenza di Padova.

8) Il Quarina (Fig. 7) sottolinea come le ricerche effettuate "da qualche speleologo" dovessero essere "riuscite certamente negative non risultando sia stata pubblicata alcuna notizia al riguardo" (Quarina 1939, p. 57) Nella medesima occasione il Quarina visitò la Ta Mala Jama (FR 299/reg 691, Grotta piccola) che si trova a 0,08 km dalla Tonìnezova Jama o Tonienova Jama (FR 298/ reg 316, Grotta di Antonio), la seconda cavità che il Musoni individuò nei primi decenni del Novecento e che dista 0,19 km dalla Šuošterjova. Per una bibliografia sulle due grotte si vedano Maddaleni 2017, p. 100; http://catastogrotte.fvg.it/?var=cavita-simple&cave=316&lang=sl; http://catastogrotte.fvg.it/691-Ta_mala_jama (URL verificato in data 25/11/2019).

9) Diversamente da quanto viene pubblicato nella sintesi operata dal Del Fabbro che fa risalire al 1960-61 l'indagine finanziata dal C.N.R. (Del Fabbro 1975, p. 31), il riscontro effettuato dalla scrivente tra il materiale d'archivio del Circolo e le indicazioni riportate sui cartellini dei reperti porta a collocare questo intervento tra il 1958 e il 1959. I finanziamenti furono erogati il 23 gennaio 1959 ed il 22 luglio 1960 (Archivio Gortani, Tolmezzo).

Per quanto i trovamenti fatti finora siano tutt'altro che abbondanti pure ritengo utile di riassumere ad uso degli studiosi quanto è stato pubblicato in numerose monografie quasi sconosciute.- Ho poi rilevato i Castellieri della pianura, alcuni alquanto ben con=servati, di caratteristiche completamente diverse da quelle dei Castellieri del Carso, non ancora seriamente esplorati e studiati, e così pure le numerose Tombe, alcune ancora forse intatte. Queste ultime avrebbero forse relazione colle tombe o meglio tumuli dell'Apulia?- Certo il Patroni nella sua recentissima pubblicazione La Preistoria non parla quasi affatto del Friuli e cita solo le due grotte di Velika Jama e di Ciòndar des Paganis. Forse troppo poco.

Concludendo, dopo letta la Sua risposta, mi sono recato il giorno 22 scorso a visitare quelle grotte per fare qualche piccolo assaggio e provare se c'era da sperare in qualche importante trovamento.- Appena arrivato all'ingresso ho visto le due trincee trasver=sali ed ho capito che erano già state fatte ricerche certamente con esito negativo per quanto nemmeno il Sig. A. Lazzarini ne abbia ricordo, lui appassionato speleologo che ha risieduto sempre in provincia.- Non è detto che le due trincee di assaggio abbiano risolto il dubbio, altre ricerche più estese potrebbero dare risultati positivi, ma io non avevo modo di fare di più e mi sono limitato a prendere gli elementi di rilievo del primo tratto della grotta e a risalire per un altro tratto anche la parte che continua in salita con dimensioni discrete. Non avevo con me i mezzi per poter fare una regolare escur=sione con relativo rilevamento ed avevo invece i miei 71 anni.- Così non mi resta altro che spedirle il risultato dei pochi dati da me raccolti se a qualcosa potranno servire e quanto prima spedirò anche una fotografia dell'ingresso. Non mi sono recato alla seconda grotta pur tanto vicina alla quale mi riservo di fare una visita appena mi si presenterà l'occasione

Scusi l'eccessiva chiacchierata e aggradisca distinti saluti

Dev.mo L. Quarina

Fig. 7 - Minuta di una lettera del 29 giugno 1938, inviata da Lodovico Quarina a Franco Anelli (allora responsabile dell'Istituto Italiano di Speleologia con sede a Postumia). Riferisce di aver provveduto ad alcuni sopralluoghi, su richiesta del sig. Arturo Ferrucci (esponente di spicco della Società Alpina Friulana) in grotte della Val Natisone che si ritenevano potenziali siti preistorici. Specifica che nella Šuošterjova ha rinvenuto tracce di scavi precedenti dei quali non conosce l'autore, ignoto allo stesso Alfredo Lazzarini (Archivio del CSIF).

- *Minuita of a letter of June 29, 1938, sent by Lodovico Quarina to Franco Anelli (then in charge of the Italian Institute of Speleology based in Postumia). He reports that he has made some inspections on the basis of the request of Mr. Ferrucci (leading exponent of the Friulian Alpine Society) in caves of the Natisone valley, which were considered potential prehistoric sites. he specifies that in šuošterjova he found traces of previous excavations of which he does not know the author and neither does Alfredo Lazzarini know anything (CSIF Archive).*

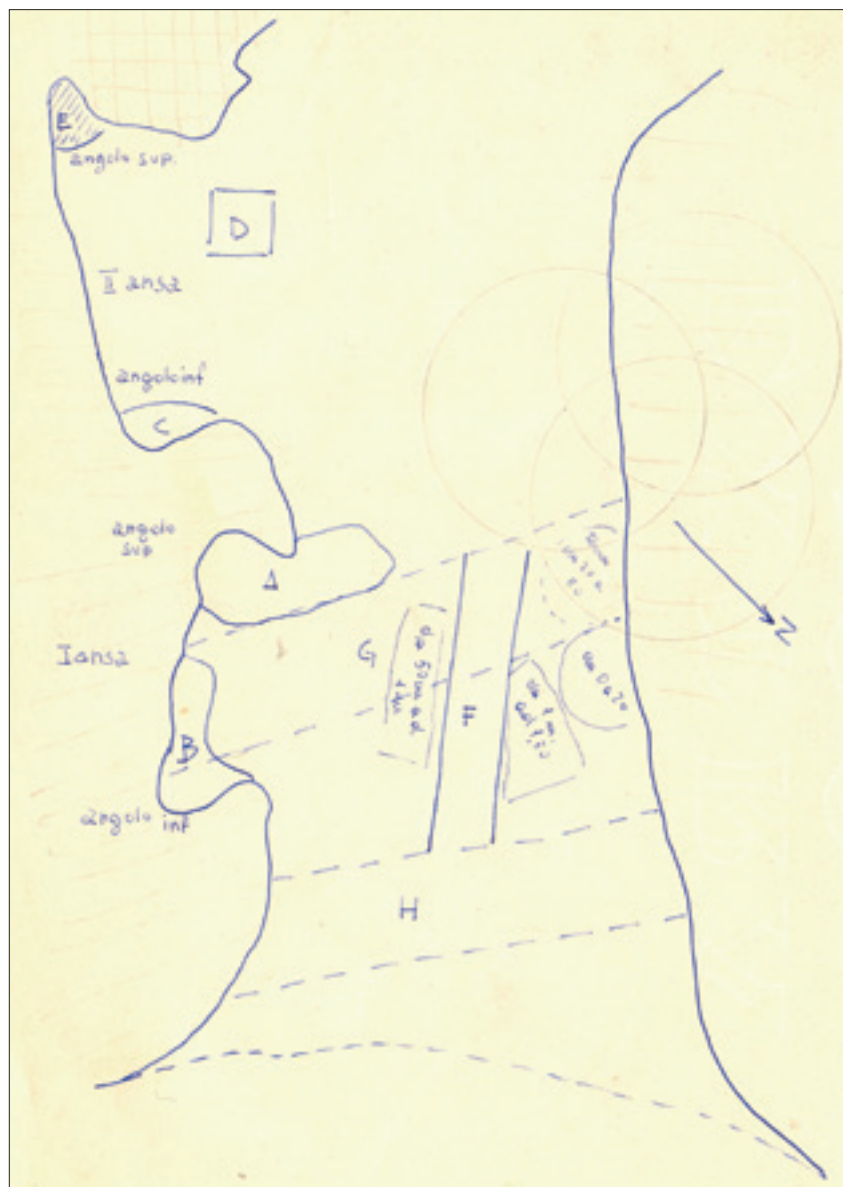



Fig. 8 - Bozza del rilievo della cavità con indicazione dei saggi di scavo 1958-59 (Archivio CSIF).
- *Planimetry of the cave with position of digging trenches 1958-59 (Archivio CSIF).*

Fu aperta una terza trincea (Fig. 8, F) di circa 4 metri di lunghezza e 0,80-1 metro di larghezza posizionata perpendicolarmente tra i due saggi del Feruglio (Fig. 8 G-H) in modo tale che la porzione SW dello scasso andasse a scavalco di quello compiuto nel 1923. Gli scavi, eseguiti sotto la supervisione di Bernardo Chiappa e Renzo Moro, furono condotti per tagli arbitrari (da 0 a 20 centimetri, da 20 a 50 centimetri, da 50 centimetri a 1 metro e da 1 metro a 1,50 metri) forse contribuendo, in parte, a rimescolare i materiali. La terra fu ammucchiata in tre settori diversi lungo le sponde della trincea e vagliata in seguito (Figg. 8 e 9)[10]. L'affiorare a circa 50-60 centimetri di profondità di grossi massi, alcuni rimossi persino con l'uso di una mina, rallentarono il cantiere e fecero desistere i ricercatori a proseguire le indagini oltre il metro e mezzo di profondità. Queste furono dirottate in diversi punti della cavità, in particolare negli angoli superiori delle due anse e nella parte più interna della grotta, ai piedi del grande camino.

I reperti rinvenuti, o perlomeno una parte significativa di essi, vennero consegnati all'Università di Ferrara per lo studio (presumibilmente al prof. Leonardi), molto probabilmente in base agli accordi connessi al finanziamento ottenuto dal C.N.R., ma negli anni successivi nulla venne pubblicato e per lungo tempo di questo lotto di materiale si perse ogni traccia. Solo negli anni Ottanta del secolo scorso, grazie alle ricerche effettuate nei depositi dell'Università di Ferrara dal prof. Antonio Guerreschi, fu possibile ritrovare questi reperti che vennero così consegnati al Museo Friulano di Storia Naturale.

L'abbondante quantità di materiali e di resti faunistici recuperati nello scavo della trincea e nei diversi saggi,

10) Si ritiene plausibile che gran parte di questo lavoro fu compiuto l'anno successivo, in un periodo in cui il clima era meno rigido e maggiori le ore di luce disponibili durante la giornata. Va probabilmente imputata a tale procedura la presenza di materiale recente nei livelli che hanno restituito resti di *Marmota marmota* e di *Ursus speleaus*.

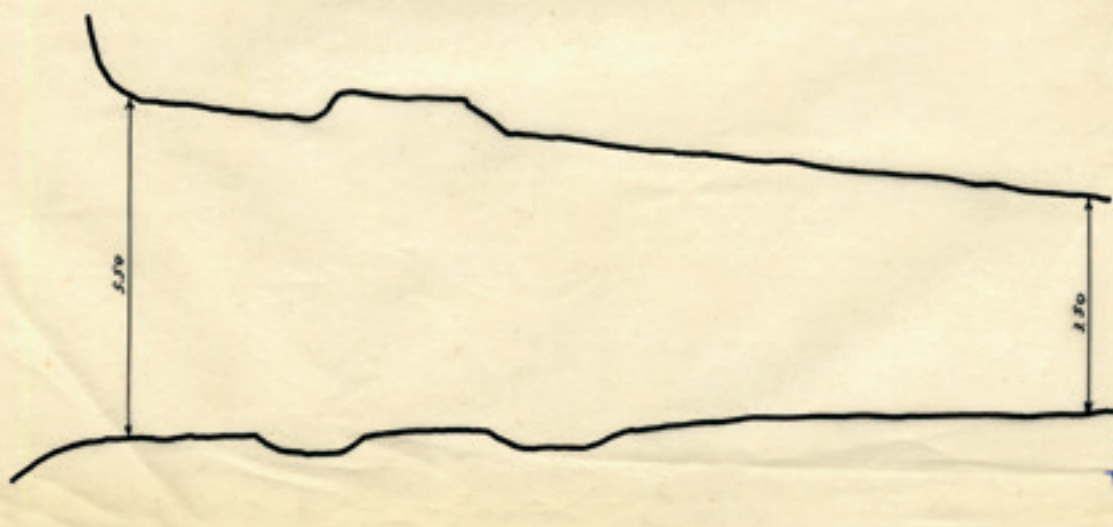
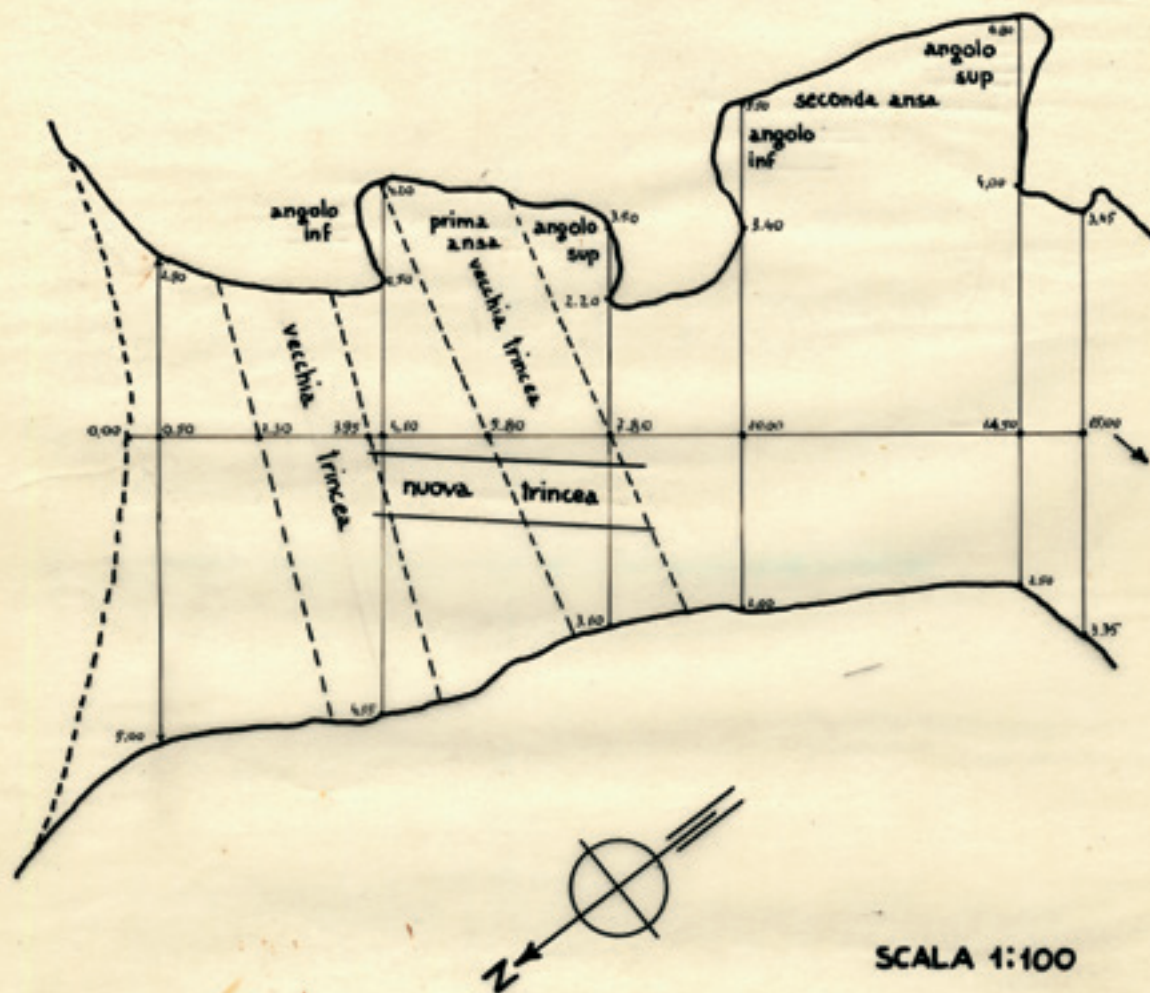



Fig. 9 - Planimetria della cavità con indicazione dei saggi di scavo (circa 0,8x; disegno di Renzo Moro, Archivio CSIF).
- *Planimetry of the cave with localization of digging trenches (0,8x ca; drawing by Renzo Moro, Archivio CSIF).*

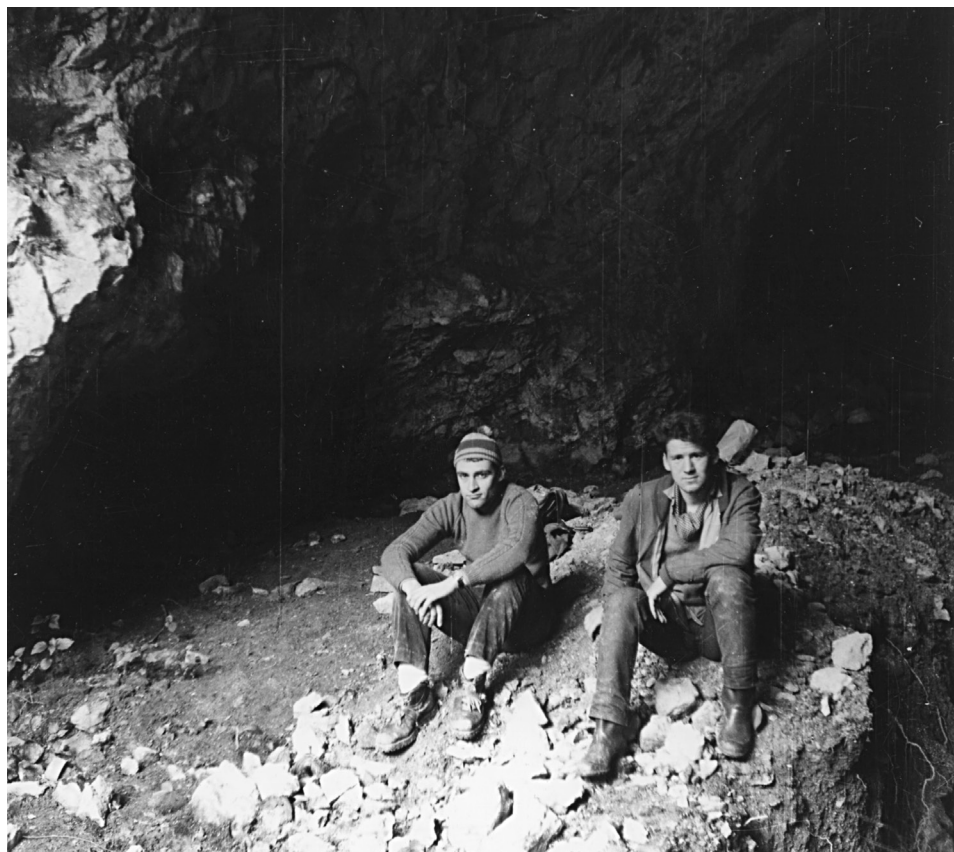



Fig. 10 - Una pausa durante lo scavo del 1958-59 (foto R. Moro, Archivio CSIF).
- *A break during the excavation of 1958-59 (photo R. Moro, CSIF Archive).*

spinsero i soci del CSIF a proseguire le indagini anche negli anni successivi, in un intervallo di tempo compreso tra il 1962 e il 1973; ricognizioni e scavi ebbero come esito il ritrovamento di altri manufatti litici e frammenti fittili (Del Fabbro 1975, p. 31)[11].

La sequenza stratigrafica delle indagini CSIF 1958-1959

La documentazione relativa alle indagini compiute nella cavità è scarsa e lacunosa. Diversamente dalle altre grotte delle Valli del Natisone esplorate dal Feruglio, per le quali si dispone di un resoconto dell'intervento di scavo e di una descrizione del deposito[12], per la Šuošterjova Jama non sono noti scritti redatti dallo studioso.

Renzo Moro e Bernardo Chiappa delinearono, a sommi capi, la sequenza dei livelli intercettati durante lo scavo del 1958 in una relazione conservata presso il Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, dalla quale Del Fabbro trasse i dati per la sintesi che pubblicò nel 1975 sulle cavità carsiche del Friuli orientale (Del Fabbro 1975, pp. 31-33, fig. 31), e i cui esiti sono sintetizzati in una breve nota curata da Moro (1960).

Nella parte prossima all'ingresso della grotta, la successione intercettata durante l'apertura della trincea longitudinale apparve composta da due orizzonti ascrivibili alla fase Olocenica e a una fase a clima freddo (Del Fabbro 1975, pp. 31, 33 e 51-52).

Alla fase più recente sono riconducibili i livelli più superficiali, composti da uno strato di terriccio bruno scuro, organico, di spessore variabile tra i 10 e 20 cm nel quale erano mescolati, assieme a pietrisco a spigolo vivo, frutto del disfacimento della volta, frammenti di ceramica, resti di fauna e carboni. Lo strato insisteva su di un livello a matrice argillosa, il cui scheletro era

11) Tra il materiale depositato al MFSN si conservano anche i materiali venuti alla luce a seguito di questi interventi: 4 frammenti di ossa indeterminati e 32 schegge di selce rinvenuti nella ricognizione del 6, 9, 11 e 12 gennaio del 1961; 1 frammento di orlo, 1 di parete indistinta di vaso e 20 frammenti di ossa (13 indeterminate e 6 di *Chiroptera*) raccolti nei saggi compiuti dal geologo Mario Cuttini (allora collaboratore del Museo) con un certo Mancini nel novembre del 1969 a 6 metri dall'ingresso della grotta e nella pozza della saletta interna. Si suppone che in questo lasso di tempo si possano collocare i ritrovamenti della ceramica (12 orli, 2 anse, 4 pareti decorate, 9 fondi) pubblicati in fotografia da Adriano Del Fabbro nel 1975 (Del Fabbro 1975, figg. 19-22). Essi non risultano essere presenti tra i materiali consegnati al MFSN dalla famiglia all'indomani della scomparsa dello speleologo.

12) Si veda, a carattere puramente esemplificativo, l'articolo dedicato dal Feruglio (Feruglio 1921) agli scavi da lui compiuti al Foràn di Landri; il materiale è attualmente in corso di revisione.

Tab. I - (pagina a fianco) Tabella riassuntiva dei saggi e delle esplorazioni compiuti tra il 1958 e il 1959 dai soci del CSIF. Nella tabella non sono stati indicati i materiali recuperati dalla terra di risulta o privi di indicazione.
- *(opposite page) Summary table of essays and explorations made between 1958 and 1959 by CSIF members. The table did not indicate the materials recovered from the resulting soil or without indication.*

Saggio	Localizza-zione	Anno di scavo	Descrizione	Materiale
Non determinato[1]	Non determinato	Prima e seconda metà novembre 1958	La successione stratigrafica è composta dall'alto verso il basso da uno strato di terra nera (A) di 10 cm di spessore che insiste su un livello di terra rossa (B) di circa 20 cm al di sotto del quale si sviluppa uno strato di argilla sassosa (C) di cui non è dichiarato lo spessore.	Ceramica: 61 frammenti da strato A, 8 da strato B, 6 da strato C. Fauna: 109 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra* e *Bos primigenius*) e selvatica (*Mustelidae*, *Aves* e *Ursus speleaus*[2]).
A (angolo superiore); B (angolo inferiore)	Lato sinistro cavità - prima ansa	Seconda metà novembre 1958	Lo scavo eseguito "a Nord" raggiunge i 40 cm di profondità. Lo strato superiore in A è costituito da un livello in terra nera di 20 cm di spessore (A).	Ceramica: 1 frammento "a Sud". Fauna: 60 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra* e *Sus scrofa*) e selvatica (*Cervus elaphus,* Capreolus capreolus e *Aves*).
C (angolo inferiore); E (angolo superiore)	Lato sinistro cavità - seconda ansa	Seconda metà novembre 1958	/	Ceramica: 3 frammenti "a Sud", 9 da "angolo superiore". Fauna: 9 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra*) e selvatica (*Aves*).
Non determinato	Lato sinistro cavità - tra prima e seconda ansa	Ottobre 1959	Non è nota la profondità raggiunta dal saggio. Lo strato superficiale è costituito da un livello di terra nera (A).	Ceramica: 37 frammenti da strato A. Fauna: 15 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra*).
F (saggio longitudinale)	Area centrale - in prossimità dell'ingresso	Seconda metà novembre 1958	La successione stratigrafica è costituita dall'alto verso il basso da uno strato di terra nera (A) il cui spessore raggiunge i 20 cm. Lo scavo della trincea prosegue al di sotto di tale livello per tagli (da 20/50 cm a 1 m, da 60 cm a 1,20 m e da 1 a 1,50 m).	Fauna: 199 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra* e *Bos primigenius*) e selvatica (*Cervus elaphus*, *Marmota marmota*, *Microtus nivalis*, *Rodentia*, *Arvicola* e *Aves*).
Non determinato[3]	Non determinato	Marzo e aprile 1959; ottobre 1959	Il materiale è raccolto per tagli (da 0 a 20/30 cm, a 1 m a 1,20 m da 80 cm/1m a 1,50 m e a 1,50 m).	Ceramica: 1 frammento[4]. Fauna: 278 frammenti tra cui sono stati riconosciuti in via preliminare resti di fauna domestica (*Ovis vel capra* e *Bos primigenius*) e selvatica (*Marmota marmota*, *Microtus arvalis/agrestis*, *Rodentia*, *Arvicola*, *Aves* e *Ursus speleaus*[5]).
Raccolta di superficie	Tratto terminale cunicolo	Seconda metà novembre 1958	/	Fauna: 1 frammento, indeterminato.
Raccolta di superficie	Saletta interna - laghetto	Seconda metà novembre 1958	/	Fauna: 8 frammenti tra cui è stata riconosciuta fauna domestica (*Ovis vel capra*).

1) Permane il dubbio se l'intervento sia da identificarsi con uno dei saggi - D? - compiuti sul lato sinistro della cavità dai soci del CSIF prima dell'apertura della trincea longitudinale o sia un preliminare assaggio dell'area dove fu poi approfondita la stessa nel novembre 1958.
2) Come registrato anche in altre cavità delle Valli del Natisone, ad esempio il Foràn di Landri, il molare è stato rinvenuto in uno strato superficiale (livello A, terra nera fino a 10 cm di profondità).
3) Si propone di identificare l'intervento con il saggio F (trincea longitudinale). Presumibilmente in quel periodo fu vagliata la terra recuperata l'anno precedente.
4) Ricordo che ad una quota di 50-70 cm iniziano a diventare abbondanti gli inclusi litici derivanti dal disfacimento della volta e che a quota 1 m è stato intercettato il livello in argilla che doveva costituire il piano di calpestio della grotta nel corso del Pleistocene.
5) Diversamente dal molare raccolto nel saggio preliminare del 1958, il molare e il canino da latte (det. Giuliana Scarpa, Bressan 1987, p. 46) sono stati recuperati dalla terra smossa a 1,50 m di profondità, in associazione con i resti di *Marmota marmota*.

Fig. 11 - Dopo lo scavo del 1958-59 (probabilmente 1962): è stato realizzata un cancello; si nota, all'ingresso, l'accumulo della terra scavata (foto R. Moro, Archivio CSIF).
- *After the excavation of 1958-59 (probably 1962): a gate has been built; note the accumulation, at the entrance of the cave, of the excavated sediments (photo R. Moro, CSIF Archive).*

Fig. 12 - Lo Scavo del 1958-59 (Archivio Gortani, Museo Carnico Arti e Tradizioni Popolari di Tolmezzo).
- *The excavation of 1958-59 (Archive Gortani, Museo Carnico Arti e Tradizioni Popolari, Tolmezzo).*

costituito da pietrisco, ossame e, fino ad una profondità di circa 40 cm, ceramica. Lo strato si presentava nella parte sommitale debolmente argilloso, di colore scuro. Secondo la descrizione fornita dagli autori dell'indagine, la composizione della matrice si trasformava gradualmente fino a diventare, oltre il metro e mezzo di profondità, argilla di colore chiaro, ricca di pietrame la cui pezzatura cresceva progressivamente di dimensione dai 50-70 cm di profondità. Da questo livello fino a 1,20 m di profondità si registrava un aumento nel numero di gusci di gasteropodi a cui si sostituivano, gradualmente, i resti di *Marmota marmota*. Questi

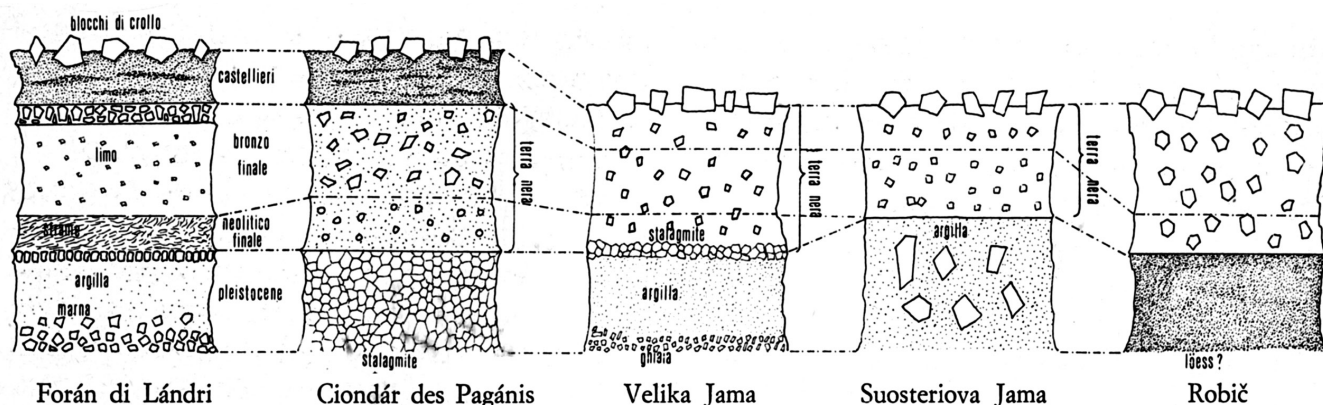



Fig. 12- Schematizzazione della sequenza stratigrafica delle cavità del Foràn di Landri, del Ciondàr des Paganis, della Velika Jama, della Šuošterjova Jama e della Turjeva Jama (Grotta di Robić) (da Del Fabbro 1975, fig. 31).
- *Drawings of the stratigraphic sequence of the cavities of the Foràn of Landri, of the Ciondàr des Paganis, of the Velika Jama, of the Šuošterjova Jama and of the Turjeva Jama (Grotta di Robić) (from Del Fabbro 1975, fig. 31).*

ultimi diventavano abbondanti a 1,20 m tanto da indurre gli speleologi a definire tale livello come "strato a marmotta"[13].

Appare evidente lo stato di forte rimaneggiamento in cui versava nel 1958 il deposito, situazione già sottolineata dal Feruglio nella missiva che inviò in data 17 agosto 1923 al direttore del Regio Museo Archeologico Nazionale di Cividale (Prot. MAN Cividale 1895, div. VIII 18 agosto 1923) e che gli scavi da lui effettuati nel 1923 contribuirono a peggiorare avendo egli svuotato e poi, probabilmente, ricolmato le trincee con la stessa terra di risulta[14].

All'epoca il geologo attribuì, in via ipotetica, alle acque l'azione di disturbo. La presenza di uno scorrimento idrico superficiale sembra documentato dall'esistenza, nella parte più interna della cavità, di un deposito limoso-sabbioso giallastro che qui sostituisce il terriccio umico del vestibolo (Del Fabbro 1975, p. 51) e il ritrovamento nella saletta terminale di frammenti di ossa trasportate da "acque di dilavamento" provenienti da un probabile collegamento con l'esterno (Muscio et al. 1980, p. 37)[15].

In mancanza di ulteriori indagini non è possibile, allo stato attuale delle conoscenze, determinare la natura degli agenti che sconvolsero fino ad una profondità di almeno 40 cm la successione stratigrafica tanto da intercettare e, verosimilmente, distruggere le tracce di eventuali piani di frequentazione e da riportare in superficie i reperti di epoca protostorica, mescolandoli con quelli di epoca storica[16]. La mancanza di passaggi abrupti tra i livelli dello strato inferiore sembra indicare, invece, l'esistenza di un ciclo molto ampio di formazione del deposito con un mutamento graduale di agenti causali che si possono ritenere principalmente di tipo naturale.

Si propone, anche alla luce di quanto sta emergendo dal riesame dei materiali attualmente in corso, di riconoscere ad una quota di circa 40-50 cm di profondità l'esistenza di un livello di calpestio attivo nel corso dell'Olocene sul quale è andato a formarsi nei secoli, in seguito alla frequentazione antropica e al progressivo disfacimento della volta, il deposito umico. L'antico piano insisteva, a sua volta, su depositi originatisi dal crollo della volta e dalla trasformazione del fondo naturale in argilla chiara avvenuto nel corso del Pleistocene quando la cavità era prossima al fronte glaciale e poteva offrire rifugio agli animali nel corso della stagione invernale.

13) Ad un primo esame autoptico, le ossa di marmotta sembrano riconducibili a pochi individui morti presumibilmente nel corso del letargo invernale e non a prede cacciate e macellate dall'uomo (comunicazione personale G. Petrucci, 2019).

14) Indice di una probabile maggior complessità del deposito è l'esistenza di un livello di terriccio rosso, denominato "strato B" che fu riconosciuto nel corso delle esplorazioni preliminari compiute dai membri dello CSIF nella prima metà del novembre del 1958. Lo strato (potenza massima, 20 cm) era coperto da un livello di terra nera di soli 10 cm e insisteva su di un livello di argilla sassosa ("strato C") di potenza sconosciuta che corrisponde probabilmente alla parte superficiale dello strato ad argilla intercettato nella trincea longitudinale (F).

15) Riguardo ad un eventuale secondo ingresso, non ancora individuato, si segnala che il Quarina raccolse da fonti locali notizie sull'esistenza di un passaggio che consentiva agli animali che si erano avventurati nella grotta di uscire "dall'altra parte del monte" (Quarina 1939, pp. 57-58).

16) Vista la sua posizione defilata e facilmente occultabile, non si può escludere che nel corso della Grande Guerra la grotta fosse stata utilizzata come rifugio. Secondo informazioni raccolte nel corso di alcuni saggi compiuti nel 1973 dai membri dello CSIF, durante il secondo conflitto mondiale fu collocata al suo ingresso una postazione militare che, sempre secondo gli stessi, non intaccò l'area oggetto d'indagine tra il 1958 e il 1961 (Maddaleni 2017, p. 100). Si rammenta che pur essendo di non facile accesso, la cavità si trova circa a mezzo chilometro di distanza dal paese di Specognis. Non si può neppure escludere che la grotta fosse sfruttata anche in tempi recenti dagli abitanti del piccolo centro.

4. Conclusioni

Le indagini compiute dal Feruglio e le esplorazioni e gli scavi operati successivamente da altri soci del CSIF alla Šuošterjova Jama portarono alla raccolta di un significativo numero di reperti fittili, litici e faunistici, che saranno oggetto di una successiva disamina.

L'assenza di una documentazione puntuale che descriva i diversi interventi di scavo compiuti nella cavità rendono complesso il lavoro di ricostruzione della successione stratigrafica del deposito. Pesa in particolar modo, la mancanza di una relazione sui saggi aperti da Egidio Feruglio che portarono allo sbancamento di un considerevole quantitativo di materiale. Non sono note le ragioni per cui il geologo friulano non pubblicò un resoconto, come fece per il Ciondàr e per il Foràn, anche per gli scavi della Šuošterjova. Forse gli impegni lavorativi[17] o l'eccessivo stato di rimaneggiamento in cui versava il deposito lo spinsero a disinteressarsi alla cavità che appare invece, vista l'assenza, nelle sue vicinanze, di siti archeologici significativi, di notevole importanza per cominciare a definire, anche su base cronologica, la tipologia di frequentazione della zona.

Manoscritto pervenuto il 30.XI.2019, accettato il 06.XII.2019.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento al dott. Giuseppe Muscio per avermi affidato lo studio del materiale, alla dott.ssa Sara Roma per aver discusso con me gli aspetti più critici del lavoro e a Paola Visentini per gli utili consigli.

Ringrazio inoltre la dott.ssa Angela Borzacconi e il personale del Museo Archeologico Nazionale di Cividale del Friuli, in particolar modo la dott.ssa Alessandra Negri e Iole Zurco, per la disponibilità dimostrata nel corso della consultazione del materiale d'archivio e della visione dei manufatti ivi custoditi, e i soci del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano per l'aiuto fornito e per aver reperito l'apparato iconografico di questo contributo.

Bibliografia

Alfonsi, A. 1912. Nuovi scavi nella stazione neolitica della grotta Velika Jama nel comune di Savogna (Udine). *Bull. di Paletn. It.* 38 (5/8): 61-6.

Bressan, F. 1987. *Catalogo dei reperti ossei della Sezione Paletnologica-Antropologica del Museo Friulano di Storia Naturale*. Udine: Pubblicazione del Museo Friulano di Storia Naturale 32.

17) Dal 1922 riveste la carica di assistente professore di geologia presso l'Università di Cagliari. Nel novembre dell'anno successivo riceve dal collega marchigiano Guido Bonarelli l'invito a raggiungerlo in Argentina dove si reca nell'aprile del 1925. Vi si stabilisce negli anni successivi rimanendovi per vent'anni, anche in seguito al suo rifiuto di aderire al PNF, scelta che gli costa la cattedra di geologia all'Università.

Bressan, F. 1997. Insediamenti preistorici nelle grotte delle Valli del Natisone. In *Il fenomeno carsico delle Valli del Natisone (Prealpi Giulie, Friuli)*, cur. G. Muscio, 15-29. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine. Memorie Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 9.

Brozzi, M. 1982. Le valli del Natisone e le convalli. *Memorie storiche forogiuliesi* 61: 51-67.

Carobene, L., G.B. Carulli, R. Onofri & F. Cucchi. 1979. Dati preliminari sulla Neotettonica dei fogli 26 (Tolmino) e 40 (Gorizia). In *Contributi preliminari alla realizzazione della carta Neotettonica d'Italia*, 261-72. Roma: CNR. Progetto finalizzato Geodinamica, pubbl. 251.

Chiappa, B., & R. Moro. 1958. Relazione della escursione alla grotta "Suosteriova Jama" dei giorni 20-23 novembre 1958. Udine: Relazione inedita, archivio CSIF.

Del Fabbro, A. 1975. *Insediamenti preistorici nelle cavità carsiche del Friuli Orientale*. Udine: Ed. Soc. Filol. Friul., Serie Preistorica 3.

Feruglio, E. 1916. Il Ciòndar des Paganis, stazione neolitica presso Faedis. *Mondo Sotterraneo* 12 (1-3): 37-48.

Feruglio, E. 1920. Avanzi dell'industria umana nel "Foràn di Landri", sopra Prestento. *Mondo Sotterraneo* 15-16: 64.

Feruglio, E. 1921. Il Foràn di Landri, nuova stazione preistorica in Friuli. *Mondo Sotterraneo* 17 (1-4): 1-32.

Gortani, M. 1954. L'opera scientifica di Egidio Feruglio. *Boll. Soc. Geol. It.* 71: 14.

Gortani, M. 1957. La vita operosa di Egidio Feruglio. In *Atti del I Convegno Friulano di Scienze Naturali (Udine, settembre 1995)*, 1-16. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Grossutti, J., cur. 1997. *Egidio Feruglio. L'attività scientifica e altri doveri verso la Patria (1897-1954), Atti della giornata di studio nel centenario della nascita (Feletto Umberto, 24 aprile 1897)*. Tavagnacco (Udine).

Grossutti, J. 2010. *Egidio Feruglio. Patagonia e Terra del Fuoco*. Udine: Forum.

Maddaleni, P. 2017. Grotte di interesse paleontologico e paletnologico in Friuli. Stato delle conoscenze e risultati preliminari della revisione di alcuni materiali. *Gortania. Geol. Paleont. Palet.* 38: 85-120.

Maddaleni, P. 2018. Oltre un secolo di ricerca archeo-paleontologica del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano. *Mondo Sotterraneo* n.s. 42: 89-114.

Magrini, A. 2011. Egidio Feruglio: figura di grande rettitudine morale e onestà intellettuale. In *Hic sunt leones. Esploratori, geografi e viaggiatori tra Ottocento e Novecento (catalogo della mostra)*, cur. P. Visentini, 248-53. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.

Martinis, B. 1956. L'attività e l'opera scientifica di Egidio Feruglio con particolare riguardo al Friuli. *In Alto* 50 (1955-1956): 22-33.

Micelli, F., & F. Vaia, cur. 2000. *Egidio Feruglio. Scritti di geografia e geologia*. Tavagnacco (Udine).

Moro, R. 1960. Ulteriori contributi allo studio dell'insediamento umano nelle grotte friulane. Nota terza: la Suosteriova Jama. *Sot la Nape* 12 (2): 44-46.

Muscio, G., F. Vaia & R. Zucchini. 1980. Suosteriova Jama (Fr. 300, Val Natisone): note geomorfologiche. *Mondo sotterraneo* n.s., 4 (1): 33-40.

Musoni, F. 1904. La Velika Jama (1° parte). *Mondo Sotterraneo* 1 (3): 49-52.

Musoni, F. 1905. La Velika Jama (2° parte). *Mondo Sotterraneo* 1 (5): 89-99.

Musoni, F. 1919-1920. Vita del Circolo. *Mondo Sotterraneo* 15-16: 63-6.

Quarina, L. 1939. Fenomeni speleologici nella Valle del Natisone. *In Alto* 17 (1): 57-8.

Rupel, L. 2005. Contributo alla carta archeologica delle Valli del Natisone, II. *Forum Iulii* 29: 37-116.

Tellini, A. 1898. Intorno alle tracce abbandonate di un ramo dell'antico ghiacciaio del Fiume Isonzo nell'alta valle del Fiume Natisone e sull'antica connessione tra il corso superiore dei due fiumi. *Annali R. Ist. Tec. di Udine* s. 2, 15: 45-83.

Tunis, G., & S. Venturini. 1997. La geologia delle Valli del Natisone. In *Il fenomeno carsico delle Valli del Natisone*, cur. G. Muscio, 35-48. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine. Memorie Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 9.

Vaia, F. 1997. Caratteri morfologici delle Valli del Natisone. In *Il fenomeno carsico delle Valli del Natisone*, cur. G. Muscio, 27-34. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine. Memorie Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 9.

Indirizzo dell'Autore - Author's address:
- Federica Zendron
  c/o Museo Friulano di Storia Naturale
  via Sabbadini 22-32, I-33100 UDINE
  e-mail: zendron.federica@gmail.com